600044648W

E.10.2.9.

E. BIBL. RADCL.

1982 c. 3/20

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

X. Band.

Erste Abtheilung.

W —— Wae.

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

Zehnter Band.

Erste Abtheilung.

W — Wae.

Mit Kupfertafeln I bis IX.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1841.

Digitized by Google

Digitized by Google

W.

W a a g e[1].

Libra, Statera, Trutina, Bilanx; Balance; *Balance.*

Ueber einen so vielfach in Anwendung kommenden Apparat ist ausnehmend viel geschrieben, so dafs es ermüden müfste, alles dieses zusammenzustellen. Ohne dieses zu beabsichtigen wird es genügen, das Wesentliche der Sache mitzutheilen, auf das minder Wichtige aber nur kurz hinzudeuten, um dadurch anzuzeigen, dafs ohne eigentliche Mangelhaftigkeit nur nach möglichster Kürze gestrebt ist. Dieser Zweck wird sich am besten durch eine systematische Zusammenstellung erreichen lassen.

Waage nennt man jedes Instrument, womit man das Gewicht eines Körpers mifst, d. h. die Stärke seiner Gravitation gegen die Erde, oder auch den Widerstand, welchen er gegen eine ihn bewegende Kraft ausübt, als die *Drehwaage*, wie nicht minder den Druck der Luft, weswegen das Barometer *Luftwaage* genannt wird; auch bezeichnet man mit diesem Namen wegen der Anwendung des gleicharmigen Hebels die Vorrichtung, vermittelst deren die Pferde angespannt werden, so wie endlich auch Instrumente, womit man eine horizontale Linie oder Ebene herstellt, als *Wasserwaage*, *Setzwaage* u. s. w. Diese letzteren Apparate gehören indefs nicht hierher, sondern wir beschränken uns blofs auf diejenigen, vermittelst deren das

1 Es ist in unserm Werke die minder gewöhnliche Schreibart Waage statt Wage gewählt, wofür sich anführen läfst, dafs dadurch ein Unterschied zwischen Waagen, womit man wiegt, und Wagen, worauf man fährt, so wie zwischen dem Zeitworte wagen gegeben wird, wie dieses auch bei Waaren und waren statt findet.

Gewicht der Körper, d. h. die Menge der in ihnen enthaltenen, gegen die Erde gravitirenden Theilchen, gemessen wird. Je nach den verschiedenen Bestimmungen hat man diesen Apparaten eigenthümliche Namen gegeben, und man unterscheidet daher die sogenannten Krämerwaagen, die chemischen, die Probirwaagen, Goldwaagen, hydrostatische Waagen u. dgl. Von der anderen Seite hat das Princip, worauf sie beruhn, den Grund zu eigenthümlichen Benennungen gegeben, indem sie zweiarmige Waagen, Schnellwaagen, Federwaagen u. s. w. heifsen. Alle diese einzelnen Benennungen werden im Folgenden, so weit es nöthig ist, berücksichtigt werden.

Die meisten und zugleich richtigsten hier zu untersuchenden Waagen beruhn auf dem Principe des *Hebels*[1], indem die zu messenden Lasten und Gewichte die auf die Hebelarme wirkenden Kräfte ersetzen. Die einfachste Anwendung dieses Princips ist aber in der zweiarmigen oder gleicharmigen, der sogenannten *Krämerwaage*, gegeben, die nach ihren verschiedenen Bestimmungen wieder als *chemische Waage*, *Goldwaage*, *Probirwaage*, *hydrostatische Waage* u. s. w. bezeichnet wird, und da so vieles, was bei diesen Apparaten überhaupt zum Wesen der Sache gehört, gerade hierbei vorzüglich in Betrachtung kommt, so ist es am geeignetsten, die Erfordernisse einer guten Waage und deren Bedingungen bei der Untersuchung über die Krämerwaage zu erörtern.

Man pflegt die Theorie der Waage, die auf den Gesetzen des Hebels und des Schwerpunctes beruht, vermittelst der sogenannten *Universalwaage* anschaulich zu machen, die nach Leupold[2] aus einem hölzernen, ganz regulären, in eine gewisse Anzahl gleicher Theile getheilten, Parallelepipedum besteht und mit gewöhnlichen, unten zugeschärften Zapfen in Pfannen auf einem Stative ruht. Soll der Apparat feiner seyn, so verfertigt man den Waagebalken aus Stahl und theilt ihn in gleiche aliquote Theile, die zu noch gröfserer Schärfe mit einem Nonius versehn und so eingerichtet werden, dafs sich die Schieber, deren mittlerer den Waagebalken trägt, während an den beiden äufsern die Waagschalen befestigt sind, auf dem Waagebalken sanft verschieben und

1 S. Art. *Hebel*. Bd. V. S. 105.

2 Theatrum staticum universale. Leipz. 1726. fol. Tab. V. fig. 2.

Digitized by Google

an jeder beliebigen Stelle feststellen lassen; allein die Theorie ist so einfach und an sich so klar, dafs sie eines Beweises durch das Experiment nicht bedarf, welches ohnehin schwierig ist, und wobei noch obendrein jede Abweichung von den Resultaten des Calcüls dem Mangel absoluter Genauigkeit solcher Apparate zur Last fällt. Die Theorie der Waage ist zuerst ebenso vollständig als gründlich durch L. Euler[1] gegeben worden, welchem nachher Karsten[2], Kästner[3], G. G. Schmidt[4], v. Gerstner[5], Letzterer mit einer sehr ausführlichen Darstellung alles dessen, was sich auf die Construction der verschiedenen Arten von Waagen bezieht, und viele Andere gefolgt sind. Beschreibungen von Waagen sowohl im Allgemeinen, als auch einzelner, nach abgeänderten oder verbesserten Principien construirter, giebt es in ausnehmend grofser Menge, unter denen ich aufser den bereits erwähnten von Leupold und Schmidt[6] nur die von Cramer[7], von Leutmanns[8] und von Körner[9] nennen will, mit Uebergehung derer, die sich in verschiedenen Werken, namentlich den Encyklopädien, finden, da ohnehin manche, die im Verfolge der Untersuchung Berücksichtigung verdienen, besonders erwähnt werden müssen.

a) Krämerwaage.

Die Krämerwaage ist ein zweiarmiger Hebel, und da hierfür *das Gleichgewicht* statt findet, wenn $PL = P'L'$ ist, wobei P und P' die wirkenden Kräfte, hier die Gewichte, L und L' aber die Längen der Hebelarme vom Unterstützungspuncte an bezeichnen, so folgt hieraus, dafs beide Arme gleich lang seyn müssen. Allein der Hebel ist hierbei kein mathematischer, son-

1 Comment. Acad. Sc. Imp. Petrop. T. X. p. 1.

2 Lehrbegriff der gesammten Mathematik Th. III. Greifsw. 1769.

3 Anfangsgründe der Mechanik. Gött. 1780.

4 Sammlung physisch-mathematischer Abhandl. Giefs. 1793.

5 Handbuch der Mechanik. Prag. 1831. 4. Th. I. S. 169.

6 Vergl. Magazin für das Neueste aus d. Phys. Th. IX. St. 3. S. 71.

7 Elementa artis docimasticae. Lugd. Bat. 1733. 8. Anfangsgr. d. Probirkunst. Ueb. von Gellert. Leipz. 1749. 2te Aufl. 1766. Th. I. S. 304.

8 Comment. Petrop. T. II. p. 35.

9 Anleitung zur Verfertigung übereinstimmender Thermometer u. s. w. Jena 1824. 8.

dern ein physischer, aus einem Körper bestehend, welcher selbst ein gewisses Gewicht hat, und da auch dieses zugleich auf die Hebelarme wirkt, so mufs das Gewicht eines jeden der beiden Hebelarme in seinem Schwerpuncte genommen werden, um dessen Abstand vom gemeinschaftlichen Unterstützungspuncte zu finden. Hiernach würde der Zustand des Gleichgewichts hergestellt seyn, wenn

$$PL + pl = P'L' + p'l'$$

wäre, worin p und p′ die Gewichte beider Arme in ihrem Schwerpuncte, l und l′ aber die Abstände beider Schwerpuncte vom gemeinschaftlichen Unterstützungspuncte bezeichnen.

Das erste und wichtigste Erfordernifs einer Waage überhaupt ist, dafs sie *richtig* sey, d. h. dafs die gewogenen Gegenstände genau so viele schwere oder gegen die Erde gravitirende Theile haben, als das zum Wägen verwandte Gewicht nach der eigenthümlichen Construction der Waage angiebt. Bei der Krämerwaage soll der gewogene Körper genau so viel wiegen, als das angewandte Gewichtstück, und da dieses nicht blofs für $P = P'$, sondern auch für $nP = nP'$ erforderlich ist, wobei n eine beliebige ganze oder gebrochene Zahl bezeichnet, so kann die Bedingung der Richtigkeit einer solchen Waage nur dann statt finden, wenn $P = P'$, $L = L'$, $p = p'$ und $l = l'$ ist, oder *beide Hebelarme müssen einander an Material, Länge und Dimensionen völlig gleich seyn.* Allerdings kann ein Zustand des Gleichgewichts statt finden, wenn die Ungleichheiten auf beiden Seiten sich aufheben, was auch für ein gegebenes $P = P'$ möglich seyn würde, wenn die dabei statt findende Ungleichheit von L und L′ durch die Ungleichheit von pl und p′l′ aufgehoben wäre, nicht aber für $nP = nP'$, und die Waage würde dann blofs für ein bestimmtes Gewicht allerdings richtig seyn, für jedes andere aber unrichtig. Unter den verschiedenen hierfür möglichen Fällen wollen wir beispielsweise nur L′ und p′ von L und p verschieden annehmen. Hierdurch verwandelte sich die Gleichung

$$PL + pl = P'L' + p'l' \text{ in}$$
$$PL + pl = P'(L \mp x) + (p \pm y)l',$$

woraus dann aber folgen würde, dafs

$$nPL + pl \lesseqgtr nP'(L \mp x) + (p \pm y)l'$$

werden müfste. Nimmt man Werthe in Zahlen an, so wäre

Digitized by Google

$$3\times6+2\times3=3\times5+3\times3,$$

allein

$$2.3\times6+2\times3>2.3\times5+3\times3.$$

Gewöhnlich vernachlässigt man die Prüfung der Bedingung, ob $pl=p'l'$ sey, weil man voraussetzt, dafs geübte Künstler diese von selbst erfüllen werden, allein die vorstehende Betrachtung zeigt deutlich, dafs sehr feine Waagen auch in dieser Beziehung Vorzüge vor andern minder genauen haben können. Es ist jedoch nicht schwer zu entscheiden, ob eine gegebene Waage in dieser Beziehung richtig sey, denn da ohne eine Belastung in beiden Waagschalen die letzteren selbst die Gröfsen P und P′ der Gleichung abgeben, oder diejenigen Kräfte sind, welche auf die beiden Arme des Hebels wirken, so würde in dem Falle, wenn diese Gröfsen ungleich sind und die Waage sich dennoch mit ihnen ins Gleichgewicht stellt, nach Wegnahme derselben PL und $P'L'=0$, dagegen $pl \lesseqgtr p'l'$ werden. Man darf daher, um diesen Fehler zu entdecken, nur von einer im Zustande des Gleichgewichts sich befindenden Waage die Schalen abnehmen, worauf ein mit diesem Fehler behafteter Waagebalken aus dem Gleichgewichte kommen und an einer Seite herabsinken wird.

Die Richtigkeit einer Waage erfordert aber aufserdem, dafs $PL=P'L'$ und zwar in der Art sey, dafs $P=P'$ und $L=L'$ *seyn mufs*, *welches* jedoch nicht nothwendig statt findet, wenn der Waagebalken sowohl ohne die anhängenden Schalen als auch mit denselben sich ins Gleichgewicht stellt; denn es kann allerdings $(P+x)L=P(L+y)$ seyn, das heifst, das Gleichgewicht kann auch unter der Bedingung statt finden, wenn eine schwerere Schale am kürzeren und eine leichtere am längeren Hebelarme hängt, obgleich der Waagebalken für sich allein gleichfalls sich ins Gleichgewicht stellt. Es liegt indefs in der Natur der Sache, dafs man auch diese Bedingung leicht prüfen könne, wenn man nur die Schalen verwechselt. Inzwischen ist dieses bei vielen Waagen nicht thunlich oder mindestens beschwerlich, und man bringt daher meistens ein anderes, ebenso einfaches, Prüfungsmittel in Anwendung, indem man die Waage mit einer in jeder Schale liegenden Last ins Gleichgewicht bringt und dann die Lasten verwechselt. Inwiefern dieses gegründet sey, ersieht man bald aus der einfachen Formel für das Gleichgewicht. Es seyen demnach die

Digitized by Google

Gewichte der Waagschalen q und $q + x$, die Längen der Hebelarme L und $L + y$, so wird Gleichgewicht statt finden, wenn

$$(q + x) L = (L + y) q, \text{ also } y = x \frac{L}{q}$$

ist, d. h. der eine Hebelarm mufs um eine gewisse Gröfse länger seyn, welche mit dem Uebergewichte der einen Waagschale im geraden Verhältnisse ihres Hebelarmes und im umgekehrten des Gewichtes der anderen Waagschale wächst. Werden dann die Waagschalen verwechselt, so wirkt auf den einen Hebelarm ein Moment $= qL$, auf den andern aber $= (q + x)(L + y)$, und letzterer hat daher ein Uebergewicht $= (L + y) x + qy$. Werden dann in die Waagschalen einer solchen unrichtigen, aber doch im Gleichgewichte befindlichen Waage die Gewichte P und P' gelegt, so mufs für den Zustand des Gleichgewichts $P' = P \frac{L}{L + y}$ seyn, d. h. das Gewicht auf der Waagschale des längeren Hebelarmes mufs in dem nämlichen Verhältnisse kleiner seyn, als der Hebelarm länger ist. Nach der Verwechselung dieser Gewichte würde auf die eine Waagschale das Moment $= P \frac{L^2}{L + y}$, auf die andere aber $= P (L + y)$ wirken, oder beide Gröfsen durch $L + y$ dividirt giebt $P \frac{L^2}{(L + y)^2}$ und P; d. h. das Gleichgewicht wird um so mehr gestört werden, je mehr $\frac{L^2}{(L + y)^2}$ von der Einheit abweicht oder je gröfser der Werth von y ist. In polizeilicher Hinsicht kommt zunächst nur die Richtigkeit der Waage in Betrachtung, um das Publicum gegen Uebervortheilung zu sichern, und in dieser Beziehung genügt daher die einfache Regel, dafs man die zu prüfende Waage mit willkürlichen Gewichtstücken ins Gleichgewicht bringt und dann die Gewichte verwechselt. Bei werthvollen Gegenständen, z. B. bei Gold und Silber, pflegt dieses stets zu geschehen, um Käufer und Verkäufer von der Richtigkeit der Wägung zu überzeugen.

Hierdurch würde sich die Unrichtigkeit der Waage herausstellen; es ergiebt sich daraus aber leicht, wie man die Gröfse des Fehlers einer Waage auffinden und bei der Voraussetzung

Digitized by Google

des gleichen Gewichtes beider Waagschalen, wofür der Künstler in voraus zu sorgen hat, durch Verbesserung der ungleichen Länge beider Hebelarme corrigiren könne. Die Bedingung der Gleichheit beider Arme ist dann vorhanden, wenn $P = P'$ den Zustand des Gleichgewichts hervorbringt, oder wenn die Waage sich bei gleichen Gewichten in beiden Waagschalen einstellt. Ist man im Besitze solcher gleichen Gewichte, so ist damit der Versuch bald angestellt, im entgegengesetzten Falle mufs man sich diese zu verschaffen suchen. Zu diesem Ende legt man in die eine Schale ein Gewicht P und in die andere so viele Gewichttheile Q, bis das Gleichgewicht hergestellt ist, nimmt dann P heraus, legt statt dessen ein anderes P', in der Regel etwas schwerer als P, hinein, und vermindert dieses so lange, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt worden ist, wodurch man also $P = P'$, zwei gleiche Gewichte, hat. Beschwert man die Waagschalen mit beiden letzteren, so wird im Fall der Gleichheit beider Waagebalken Gleichgewicht vorhanden seyn, im entgegengesetzten aber ein Niedersinken des längeren Hebelarmes erfolgen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dafs die Schärfe dieser Prüfung der Feinheit der Waage proportional ausfallen mufs[1]. Die Abweichung der

1 Das Wägen mit sehr feinen Waagen ist höchst zeitraubend und erfordert grofse Sorgfalt, denn wenn auch zur Abhaltung des Luftzuges die Waage sich in einem Glaskasten befindet, so dauert es doch wegen der nach den Pendelgesetzen höchst langsamen Schwingungen sehr lange, bis der horizontale Stand des Waagebalkens eintritt, zu dessen vollkommener Herstellung meistens die hinlänglich feinen Gewichttheilchen fehlen. Um die letzteren herzustellen, was ohnehin in vielen Fällen nöthig ist, bedient man sich des gleichmäfsig gezogenen Drahtes, und Gauss findet hierfür den sogenannten Golddraht (übergoldeten Silberdraht) am geeignetsten. Hat man hiervon eine gewisse Länge von gegebenem Gewichte, so wickelt man ihn um einen gleichmäfsigen Cylinder, durchschneidet dann die schraubenförmigen Windungen parallel mit der Axe des Cylinders, und erhält dadurch gleiche aliquote Theile des Totalgewichts. Steht aufserdem die unbelastete Waage auf 0 der Scale ein, so legt man ein genau bestimmtes Gewichtstück auf, findet hierfür auf geeignete Weise den Werth der einzelnen Scalentheile, und bedient sich dann der letzteren zur Bestimmung des Gewichts, indem man aus dem Mittel der äufsersten Puncte, welche die Zunge beim Oscilliren des Waagebalkens erreicht, durch Wiederholung dieses Verfahrens, und indem man kleine Gewichttheilchen abwechselnd in die eine und die andere Waagschale

Digitized by Google

Länge ergiebt sich aus der Ungleichheit des Gewichtes eines und desselben Körpers in beiden Waagschalen. Denn wenn der Körper in der einen Schale liegend p, in der andern aber q wiegt, das wahre Gewicht aber $= x$ ist, so folgt:

$$\begin{array}{l} L : L' = p : x \\ L : L' = x : q \\ \hline p : x = x : q, \text{ also } x = \sqrt{pq}, \end{array}$$

wonach also das wahre Gewicht der mittleren Proportionale aus beiden falschen Gewichten gleich ist. Betrüge z. B. $p = 16$ Unzen, $q = 15$ Unzen, so wäre $x = \sqrt{(16 \times 15)} = 15{,}49$ Unzen, und die beiden Arme verhielten sich wie 1600 : 1549 oder nahe wie 32 : 31. Ein so grober Fehler, als dieser, würde sich indefs schon durch blofse Messung ergeben, allein man verlangt die Genauigkeit der Wägungen in einem so hohen Grade, dafs dieser durch mechanische Kunstfertigkeit nie erreicht wird, und das angegebene Verfahren ist daher nicht blofs erforderlich, um die Richtigkeit der Waage ursprünglich herzustellen, sondern auch späterhin, um eine durch den Gebrauch etwa entstandene Unrichtigkeit aufzufinden. Sollte sich eine solche wirklich zeigen, so wird sie durch den Ausschlag oder ein Herabsinken des einen Waagebalkens sichtbar, und man könnte für künftige Wägungen den so bestimmten Stand als den normalen betrachten, was jedoch nur annähernd und für verschiedene Belastungen nicht völlig genau wäre. Viele Künstler versehn daher das Ende des einen Hebelarmes (denn nur einer bedarf der Correction) mit einer Mikrometerschraube, um mittelst derselben den Aufhängepunct der dazu gehörigen Waagschale dem mittleren Unterstützungspuncte des Waagebalkens etwas zu nähern oder weiter davon zu entfernen. Hierbei wendet man mit Vortheil das Princip der *Hunter'schen Schraube* an[1], welches darauf beruht, dafs zugleich zwei Schrauben umgedreht werden, von denen die eine auf einen Zoll einen Gang mehr hat, als die andere, so dafs daher die wirkliche Fortrückung nur den Unterschied beider Schrauben beträgt und also höchst fein ist. Um die Momente beider Arme gleich zu

legt, denjenigen Scalentheil findet, auf welchem die ruhende Waage stillstehn würde.

1 Dove über Maafs und Messen u. s. w. Berl. 1835. 8. 157.

Digitized by Google

machen, ohne die Entfernungen der Aufhängepuncte von der Axe des Waagebalkens zu ändern, ist bei den in Wien verfertigten Waagebalken am einen Ende eine Schraube mit einem kleinen Gewichte angebracht, die sich tiefer in den Waagebalken einschrauben läfst[1]. Eine richtige Gewichtsbestimmung ist aber auch durch Anwendung der durch DE BORDA angegebenen *doppelten Wägung,* ohne Rücksicht auf die Richtigkeit der Waage an sich, möglich. Man bringt zu diesem Ende die Waage, welche auf der einen Seite durch den zu wägenden Körper nebst beliebigen sonstigen Gewichtstheilen, auf der andern aber durch das erforderliche Gegengewicht belastet ist, zum Gleichgewichte, nimmt dann den zu wägenden Körper weg und ersetzt ihn durch Gewichtstücke, die unter Voraussetzung ihrer Richtigkeit das Gewicht des Körpers genau angeben[2]. Hierdurch erreicht man zugleich den Vortheil, dafs die Waage jederzeit mit dem nämlichen Gewichte belastet ist.

Das zweite Erfordernifs einer guten Waage, zunächst jedoch nur der Krämerwaage und Schnellwaage, ist der *horizontale Stand des Waagebalkens.* Wollte man den Waagebalken blofs als einen Hebel betrachten, so würde den Forderungen der Richtigkeit allerdings Genüge geschehn, wenn gleiche Lasten an den Enden beider Arme angebracht einen Stillstand hervorbrächten, auch würde ein solcher Hebel das Prädicat der *Empfindlichkeit* erhalten, was sogleich als drittes Erfordernifs aufgezählt werden wird, wenn die geringste Vermehrung des Gewichts in einer der beiden Waagschalen eine Bewegung zu erzeugen vermöchte, allein dann würde der Apparat nicht zum Wägen tauglich seyn. Wird der Waagebalken als blofser Hebel betrachtet, so setzt dieses voraus, dafs die Angriffspuncte der Lasten an beiden Enden mit dem Unterstützungspuncte in eine gerade Linie fallen, woraus dann der eben erwähnte Zustand des Gleichgewichts in jeder beliebiger Lage von selbst folgt, zur Erlangung des horizontalen Standes mufs aber der Unterstützungspunct über derjenigen geraden Linie liegen, welche die beiden Angriffspuncte der Lasten verbindet, so dafs daher der gemeinschaftliche Schwerpunct der letztern unter

1 BAUMGARTNER's Naturlehre. Supplem. S. 58.

2 BIOT Traité de Phys. T. I. p. 15. Vergl. Edinburgh Journ. of Science N. IX. p. 120.

Fig. 1. den Unterstützungspunct fällt. Wären also die beiden Angriffspuncte der Lasten P und Q und läge der Unterstützungspunct über der sie verbindenden geraden Linie, so fiele der gemeinschaftliche Schwerpunct beider Lasten in S. Läge dann der Unterstützungspunct in C, so könnte der Zustand der Ruhe nur dann statt finden, wenn S in verticaler Linie unter C sich befände; denn bei vorhandener Beweglichkeit ruht ein Körper nur dann, wenn sein Schwerpunct den tiefsten Stand eingenommen hat. Kommt der Waagebalken in die geneigte Lage P′ Q′, so wird der gemeinschaftliche Schwerpunct nach S′ gehoben werden und mufs daher herabsinken, bis er seine tiefste Lage in S wieder eingenommen hat, also bis die horizontale Lage des Hebels wieder hergestellt ist. Hieraus ergeben sich daher die bekannten Folgerungen: 1) Liegen die beiden Angriffspuncte der Lasten beim gleicharmigen Hebel mit dem gemeinschaftlichen Unterstützungspuncte in einer geraden Linie, so würde derselbe bei gleicher Belastung in jeder Lage zur Ruhe kommen. Mit einem solchen wären allerdings Wägungen möglich, allein höchst unbequem, weil beim geringsten Uebergewicht an einer Seite der Hebel eine verticale Lage annehmen müfste, ja diese würde eine bleibende seyn, sofern entweder der eine oder der andere Hebelarm herabsinken müfste, weil absolut verschwindend kleine Gröfsen sich gar nicht darstellen lassen, vorausgesetzt dafs der Hebel vollkommen unbiegsam und keine Reibung bei ihm vorhanden wäre. 2) Liegt der Unterstützungspunct unter der geraden Linie, welche die beiden Angriffspuncte des Hebels vereinigt, so ist zwar eine horizontale Lage des Waagebalkens bei gleicher Belastung beider Arme unter der Bedingung theoretisch möglich, dafs der Schwerpunct mit dem Unterstützungspuncte in eine verticale Linie fällt, physisch aber würde dieses ebenso unmöglich seyn, als eine Kugel auf einer Nadelspitze zu balanciren, weil sich die erforderlichen Bedingungen in mathematischer Schärfe nicht erreichen lassen; denn bei dem geringsten Uebergewichte an einem Arme und beim geringsten Herausrücken des Schwerpunctes aus der genannten verticalen Linie würde der Schwerpunct herabsinken, der Waagebalken umschlagen und oscilliren, bis er zur Ruhe käme, sobald sich der gemeinschaftliche Schwerpunct in der verticalen Linie durch den Unterstützungspunct befindet. 3) Der horizontale Stand des Hebels ist also nur dann erreichbar,

Digitized by Google

wenn der gemeinschaftliche Schwerpunct sich unter dem Unterstützungspuncte befindet. Dieses gilt allgemein und ohne Rücksicht auf die Gröfse des Abstandes beider von einander, deren Bestimmung von anderweitigen Erfordernissen eines guten Waagebalkens abhängt.

Werden diese beim mathematischen Hebel gültigen Sätze auf den physischen, den Waagebalken, angewandt, so übersieht man bald, dafs sich in diesem zwei Schwerpuncte befinden, der eine, welcher durch das Gewicht des Waagebalkens, der andere, welcher durch die beiden Lasten an den Enden der Hebelarme gegeben ist. Es seyen die beiden Schwerpuncte der einzelnen Hebelarme p und q, der gemeinschaftliche Schwerpunct beider s, die beiden Angriffspuncte der Lasten an den Enden der Hebelarme P und Q oder P′ und Q′ und ihre gemeinschaftlichen Schwerpuncte S oder S′, so kann die durch letztere gezogene gerade Linie entweder über oder unter der ersteren liegen oder mit ihr zusammenfallen. Wird dann ferner vorausgesetzt, dafs bei horizontaler Lage des Waagebalkens die Schwerpuncte s und S oder S′ in eine verticale Linie fallen, was bei vorzüglich guten Waagen mindestens insofern statt finden mufs, dafs keine mefsbare Abweichung hiervon vorhanden ist, so sind drei Fälle möglich, wonach S mit s zusammenfällt oder S unterhalb s oder S′ oberhalb s liegt. Im ersten Falle gilt alles das, was so eben über die horizontale Lage des Waagebalkens gesagt worden ist, in den beiden letzteren kommt nicht jeder einzelne Schwerpunct, sondern es kommt der Unterschied beider in Betrachtung. Ist zuerst der Waagebalken nicht belastet, also S oder $S' = 0$, so gilt von s alles dasjenige, was in dieser Beziehung so eben vom mathematischen Hebel gesagt worden ist; wenn dagegen der Waagebalken belastet und S gröfser ist als s, so kann s über dem Unterstützungspuncte liegen, und dennoch wird der Waagebalken zur Ruhe kommen, wenn S unter dem Unterstützungspuncte liegt. Dieser Fall findet zuweilen statt, dafs nämlich der Waagebalken nach Wegnahme der Schalen entweder in jeder Lage ruht, oder gar umschlägt, nach angehängten Waagschalen aber sich horizontal einstellt, sofern S entweder mit einigem Uebergewichte unterhalb des Unterstützungspunctes liegt, oder durch eine unausbleibliche geringe Biegung des Waagebalkens darunter hinabgerückt wird. Der gewöhnliche Fall ist jedoch der, dafs S und s zusammenfallen, was auch

Fig. 2.

bei der oben erwähnten Prüfung der Richtigkeit angenommen wurde, dafs man nämlich versucht, ob sich der Waagebalken zuerst für sich allein und dann nach angehängten Schalen ins Gleichgewicht stellt; alle übrige Fälle des gegenseitigen Verhältnisses von s und S verstehn sich so leicht von selbst, dafs es überflüssig seyn würde, sie einzeln zu erörtern.

Der Waagebalken ruht in der Regel auf einer verticalen Säule, und diese trägt dann in ihrer Verlängerung einen getheilten Bogen, vor welchem die *Zunge* oder der Zeiger (*Index, Lingula;* aiguille, languette; *tongue of a balance*) sich nach beiden Seiten bewegt, aber auf 0 der Theilung zeigt, wenn der Zustand des Gleichgewichts vorhanden oder der horizontale Stand des Waagebalkens hergestellt ist. Diese Zunge ist lothrecht auf der Mitte des Waagebalkens befestigt, so dafs sie entweder in die Höhe steht oder herabhängt, oder die Zunge befindet sich in der verlängerten geometrischen Axe des Waagebalkens und ihre Spitze zeigt auf eine hinter ihr angebrachte getheilte Scale. Um beim Visiren die Parallaxe zu vermeiden, befindet sich bei den Pistor'schen Waagen hinter der Zungenspitze ein Spiegel und der horizontale Stand findet statt, wenn die Zunge ihr Bild im Spiegel deckt[1]. An manchen Waagen ist am Ende des einen Armes ein getheiltes Bogenstück angebracht, welches sich vor einem andern, dahinter befindlichen, Bogenstücke bewegt, und da die eine dieser Theilungen zugleich einen Nonius der andern abgiebt, so können hierdurch die feinsten Abweichungen gemessen werden. Soll aber der Waagebalken seinen horizontalen Stand richtig anzeigen, so mufs die ihn tragende Säule oder die an der Seite aufgerichtete, woran sich das getheilte Bogenstück befindet, vertical stehen, und damit dieses erreicht werde, mufs das Fufsbret der Waage einen horizontalen Stand haben. Um diesen herzustellen, bedient man sich einer kleinen Röhrenlibelle und corrigirt vermittelst der im Fufsbrete befindlichen Stellschrauben. Ist man vom horizontalen Stande des Waagebalkens sicher überzeugt, so kann dieser als Norm dienen, und das Fufsbret oder das Gestell so lange vermittelst der Stellschrauben gerichtet werden, bis die Zunge auf 0 der Theilung einspielt.

Das dritte Erfordernifs einer guten Waage ist ihre *Em-*

1 Dove a. a. O. S. 157.

Digitized by Google

pfindlichkeit, auch wohl *Feinheit* genannt, die der *Trägheit* oder *Faulheit* derselben entgegensteht, wonach aber zugleich die Richtigkeit bemessen wird, indem diese nur bis so weit bestimmbar ist, als die Feinheit reicht. Die Feinheit einer Waage wird bestimmt durch die Gröfse desjenigen Gewichts, welches in eine der beiden Schalen gelegt den Zustand des Gleichgewichts aufhebt und das Niedersinken des einen Armes bewirkt. Die nachfolgenden Betrachtungen werden indefs zeigen, dafs eine Waage nothwendig um so viel träger werden mufs, je gröfsere Lasten zu wiegen sie bestimmt ist, und man mifst daher die Feinheit nach dem aliquoten Theile der ganzen Last, welche sie ohne Gefahr ihrer Beschädigung in jeder Schale[1] zu tragen vermag, und die man das *Totalgewicht*, so wie die Fähigkeit der Waage, so viel darauf zu wägen, ihre *Tragkraft* zu nennen pflegt, wodurch also ein sicheres Mafs dieser Bestimmung gegeben wird. Man mufs in der That bewundern, wie weit in dieser Beziehung die Kunstfertigkeit der neuern Zeit der der ältern vorausgeeilt ist[2]. So werden unter den durch ihre Feinheit ausgezeichneten Waagen, die ehemals vorzüglich in England verfertigt wurden, genannt: die von Bulton[3] $\frac{1}{100000}$, die von Reads[4] $\frac{1}{96000}$, von Whitehurst[5]

1 So viel ich weifs, gilt als Totalgewicht der Waage, wonach ihre *Tragkraft bestimmt* wird, diejenige Last, welche man auf derselben in einer Schale durch Gegengewichte in der andern zu wägen vermag; nach Tralles in G. XXIX. 446 wird hierdurch das Doppelte hiervon, also die ganze Last, womit die Krämerwaage beschwert ist, bezeichnet.

2 Vergl. Parkinson System of Mechanics p. 134. Verschiedene, als vorzüglich gut genannte, den jetzigen Forderungen jedoch nicht genügende Constructionen, als die von Lüdicke in G. I. 128, von Hauff in G. G. Schmidt's physikalischen Abhandlungen u. s. w. übergehe ich mit Stillschweigen. Die von Tralles angegebene, von Mendelssohn in G. XXIX. 128 beschriebene, verdient jedoch Berücksichtigung, zugleich aber insbesondere das, was Tralles in G. XXIX. 443 uber den Bau der Krämerwaage überhaupt sagt. Dafs schon Aristoteles sich einer sehr empfindlichen Waage bedient habe, wird wohl nicht mit Unrecht aus den Resultaten seiner Wägungen der Luft geschlossen. S. G. XVI. 389.

3 Philos. Trans. T. LXVI. p. 50.

4 Ebend. p. 511.

5 Ebend. p. 576.

Digitized by Google

$\frac{1}{48000}$, von Alchornes[1] $\frac{1}{35000}$ des Totalgewichts angebend. Die ersten von damals ganz vorzüglicher Feinheit lieferte der berühmte Ramsden[2], namentlich eine für Fordyce $\frac{1}{30400}$, noch vorzüglicher aber eine für die königl. Societät $\frac{1}{100000}$ angebend, und zuletzt brachte er es bis $\frac{1}{1000000}$ der Tragkraft. Waagen von dieser letztern Feinheit liefern jetzt alle vorzügliche Künstler, die nämlich ein Kilogramm als gröfstes Totalgewicht zu tragen vermögen und dann bei einem Milligramm noch einen merkbaren Ausschlag geben, jedoch gehört eine solche allerdings schon zu den ausgezeichneten. Nach Baumgartner[3] gab eine vorzügliche Waage von Ramsden mit 10 Pfund Belastung noch bei 0,006 Grain einen merkbaren Ausschlag, was eine Feinheit von $\frac{1}{1200000}$ giebt. Fortin's Waagen geben mit 4 Pfund Belastung noch durch $\frac{1}{50}$ Gran einen Ausschlag, was $\frac{1}{1536000}$ giebt. Florenz in Wien verfertigt Waagen, die mit 4,5 Pfund belastet noch durch $\frac{1}{8}$ Richtpfennig einen Ausschlag geben, also von einer Feinheit $= \frac{1}{4418592}$. Von den beiden Waagen im physikalischen Cabinette zu Wien[4] hat die eine nur 1 Pfund Tragkraft und Feinheit $= \frac{1}{300000}$, die andere aber 3 Pfund Tragkraft und $\frac{1}{1200000}$ Feinheit. Eine von Troughton für Shuckburgh verfertigte Waage gab mit 16384 Grains Belastung durch 0,01 Grain einen Ausschlag, hatte also $\frac{1}{1638400}$ Feinheit. Die von Robinson verfertigten Waagen haben bei 10,5 Zoll Länge des Waagebalkens 2000 Grains Tragkraft (Preis 14 Lstl.), bei 8 Zoll Länge 1000 Grains (Preis 11 Lstl.), bei 5,5 Zoll Länge 400 Grains (Preis 8 Lstl.) und geben mit 1000 Grains belastet bei 0,001 Grain einen Ausschlag, ihre Feinheit ist also $= \frac{1}{1000000}$. Dieser gleich ist die Feinheit der Piston'schen Waagen, indem sie mit einem Kilogramm belastet für ein Milligramm einen Ausschlag geben[5]. Die feine Waage in Prag, welche durch v. Gerstner[6] geprüft wurde, hat nur 1 Pfund Tragkraft und giebt durch $\frac{1}{50}$ Gran einen Ausschlag, welches eine Empfind-

1 Philos. Trans. T. LXXVII. p. 205.

2 Ebend. T. LXXV. Journ. de Phys. T. XXXIII. p. 144.

3 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande. 5. Aufl. Wien 1836. S. 82.

4 Baumgartner Supplementband. S. 59.

5 Dove über Mafs und Messen. S. 163.

6 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 182.

Digitized by Google

lichkeit von $\frac{1}{1680000}$ anzeigt. Ob übrigens diese Bestimmungen, die meistens auf den Angaben der Künstler selbst beruhn, volles Vertrauen verdienen, dürfte wohl noch fraglich seyn. Um hierüber zu entscheiden, müfste man sich des oben angegebenen Mittels bedienen und den Punct des Stillstandes bei so kleinen Uebergewichten aus den Oscillationsbogen finden. Unter allen hier mitgetheilten Bestimmungen kann wohl keine für absolut genau gelten, aufser die von v. Gerstner, welcher die Probe mit der erforderlichen Sorgfalt anstellte.

Die in der Natur der Sache liegenden Mittel zur Erlangung der gröfsten Feinheit bei den Waagen sind zuerst eine gröfsere Länge der Waagebalken; denn eine Kraft wirkt stärker auf einen längern Hebelarm, was jedoch im vorliegenden Falle von minderer Bedeutung ist, weil durch das Uebergewicht am einen längeren Arme der andere, gleich lange Arm bewegt werden mufs, wohl aber kann durch den gröfseren Radius des längeren Hebelarmes eine kleinere Abweichung vom horizontalen Stande besser gemessen werden, was auch durch eine längere Zunge auf gleiche Weise sicher erreicht wird. Ein zweites Mittel ist Leichtigkeit des Waagebalkens; denn da durch das Uebergewicht nicht blofs die Lasten, womit der Waagebalken beschwert ist, sondern auch die Masse des letztern selbst bewegt werden mufs, so wird dieses um so leichter geschehn, je weniger Gewicht der Waagebalken selbst hat, wodurch dann zugleich die Reibung vermindert wird. Der wirklichen Anwendung dieser beiden Mittel steht aber entgegen, dafs der Waagebalken sich nicht biegen darf, mindestens nicht in einem solchen Grade, dafs die gemeinschaftlichen Schwerpuncte s und S des Waagebalkens und der ihn beschwerenden Gewichte tiefer unter den Unterstützungspunct fallen, als bestimmt ist, weil hierdurch die Faulheit der Waage ausnehmend wächst.

Die wichtige Bedingung, den Waagebalken so leicht als möglich zu machen, ohne seiner Tragkraft Abbruch zu thun, hat man auf vielfache Weise zu erreichen gesucht. Allgemein bringt man dabei das Princip in Anwendung, dafs man denselben in der Mitte stärker macht und nach beiden Enden hin verjüngt zulaufen läfst, wie nicht minder, dafs man seine Höhe weit gröfser nimmt als seine Dicke, nach den hierüber bestehenden Gesetzen der Festigkeit der Körper[1]. Unter den ander-

1 Vergl. *Cohaesion.* Bd. II. S. 150.

Digitized by Google

weitig gewählten Mitteln, wonach die Construction der Waagebalken vielfach abgeändert ist, will ich blofs die wesentlichsten erwähnen. Eins der besten ist das von Magellan[1], welcher zwei hohle abgekürzte Kegel mit ihren gröfseren Grundflächen vereinigte, weil die Tragkraft hohler Röhren weit stärker ist als die massiver Cylinder von gleicher Masse. Ramsden wählte für seine feinen Waagen diese nämliche Construction, Mendelssohn[2] aber änderte sie etwas ab, indem er in der Mitte zwischen beiden Kegeln einen hohlen Würfel anbrachte, und da die Metalldicke bei diesen Kegeln nur sehr gering ist, so versah Troughton[3] sie im Innern mit Ringen. Bei den neuen, von Robinson verfertigten, Waagen besteht der 10 Zoll lange Waagebalken aus einem rhomboidalen Rahmen aus Glockenmetall. Einen sehr zweckmäfsigen Bau haben die aus der Fabrik von Haas und Hurter in London gelieferten Waagebalken. Sie sind nur etwa 2 Lin. dick und bestehen aus einem Kreise, von welchem nach beiden Seiten Streben ausgehen, die durch zwei andere gebogene Streben gesteift sind und aus Glockenmetall verfertigt bei grofser Leichtigkeit dennoch eine hinlängliche Steifheit besitzen. Die Biegungen erfordern grofse Genauigkeit, wenn sie auf beiden Seiten einander vollkommen gleich seyn sollen; minder schwierig ist es daher, die Stäbe des rhomboidalen Rahmens gerade zu machen und durch Querstreben zu steifen, woraus dann eine andere, gleichfalls gebräuchliche, Form der Waagebalken hervorgeht, wie man sie in Wien zu verfertigen pflegt[4], wonach dieselben nur eine Strebe ungefähr in der Mitte jedes Armes haben, wie aus der Zeichnung leicht zu erkennen ist. Körner's durchbrochene Waagebalken unterscheiden sich von diesen blofs dadurch, dafs sie in der Mitte, in ihrer Längenaxe, noch eine gerade schmale Stange haben. Mehrere ausgezeichnete Künstler verfertigen neuerdings die Waagebalken solid von Stahl, z. B. Troughton, bei dessen späteren Waagen der Balken aus einer Stahlstange von ein Fufs Länge und ein Viertel Zoll Dicke besteht, dessen Höhe in der Mitte etwas

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

1 Journ. de Phys. T. II. p. 252. T. XVII. p. 43.
2 G. XXIX. 153.
3 Philos. Trans. 1798. p. 182.
4 Baumgartner's Naturlehre, Supplem. Bd. S. 58.

Digitized by Google

über einen Zoll, an den Enden nur einen halben Zoll beträgt. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs ein solcher Balken sich aufserordentlich genau und an beiden Armen völlig gleich darstellen läfst, weswegen auch Jahn[1] und Fortin[2] diese gewählt haben. Inzwischen macht Studer[3] darauf aufmerksam, *dafs* solche Stahlstangen leicht magnetisch werden und nach *Art* der Inclinationsnadeln eine Neigung annehmen könnten. *Die* Thatsache, dafs die stählernen Waagebalken bleibend magnetisch werden und selbst die eisernen einer Einwirkung des tellurischen Magnetismus unterliegen, ist wohl nicht zu bezweifeln, ob dieses aber einen Einfluſs auf die feinsten Gewichtsbestimmungen haben könne, müfste erst durch die Erfahrung ausgemittelt werden. Auf jeden Fall ist die ablenkende Kraft sehr gering und es müfsten sich mehrere Bedingungen vereinigen, wenn ein Einfluſs merkbar werden sollte. Weiches oder reines Eisen ist bekanntlich nie bleibend magnetisch und nimmt blofs im magnetischen Meridiane durch den tellurischen Magnetismus eine schwache Polarität an, die jedoch zur Erzeugung einer Inclination wohl zu schwach seyn möchte, aufserdem aber nehmen die Künstler solches Eisen nicht zu Waagebalken. Es kann daher nur von bleibendem Magnetismus die Rede seyn, welcher jedoch im weichen Stahle gleichfalls sehr schwach ist, aufserdem aber müfste der Nordpol des magnetischen *Waagebalkens* nach Norden oder lothrecht auf den *magnetischen* Meridian, also nicht nach Süden, gerichtet seyn, wenn seine Polarität auf die Wägungen einen Einfluſs haben sollte. Da hierüber beim Gebrauche so vieler Waagen keine Erfahrungen bemerkter Unrichtigkeiten bekannt geworden sind, so scheint der Einfluſs verschwindend zu seyn. Ritchie[4] schlägt vor, um feine Waagen für einen sehr geringen Preis zu erhalten, Waagebalken aus hölzernen, nach den Enden etwas verjüngten, Stäben zu verfertigen, diese in der Mitte durch eine Federmesserklinge auf untergelegten Glasröhren zu unterstützen, auf gleiche Weise solche Federmesserklingen an den Enden zum Tragen der Waagschalen anzubringen, und um die aus der Construction solcher Apparate entspringenden Unrich-

1 Berzelius Chemie.
2 Biot Traité de Physique. T. I. p. 9.
3 G. XIII. 122.
4 Edinburgh Journ. of Science. N. IX. p. 118.

tigkeiten zu corrigiren, de Borda's *Princip der doppelten Wägung* anzuwenden. Allein wenn gleich diese letztere Methode sehr sinnreich und in einzelnen Fällen mit Vortheil anzuwenden ist, so ist sie doch im Allgemeinen zu zeitraubend und dafs hölzerne Waagebalken den jetzigen Forderungen im Ganzen nicht genügen, geht aus den bekannten Gesetzen über die Bedingungen guter Waagen sattsam hervor. Die sogenannten *Goldwaagen*, welche zum Wägen der Goldstücke dienen und die *Probirwaagen*, womit der Gehalt der Erze in kleinen Quantitäten bestimmt wird, sind blofs für sehr geringe Lasten eingerichtet und haben daher nur kurze und leichte Balken sowohl als auch Waagschalen.

Die dritte Bedingung zur Erreichung einer möglichst grofsen Empfindlichkeit ist die *Entfernung der Reibung*. Wäre die Axe des Waagebalkens ein Cylinder und wälzte sich dieser in einer krummen Oeffnung, so müfste bei den Oscillationen des Waagebalkens der Punct 0 nach m und rückwärts durch 0 wieder nach n geschoben werden, was ohne Reibung nicht geschehn könnte. Die hieraus erwachsende Trägheit der Waagen zeigt sich dadurch, dafs sich die Zunge bei den Oscillationen nicht jederzeit wieder genau auf das 0 der Theilung einstellt, sondern abwechselnd rechts oder links davon abweicht und dieses wird um so mehr statt finden, je gröfser die zu wägenden Lasten sind; denn die Gröfse der Reibung ist bekanntlich der Last direct proportional; dabei kommt noch die Lage des gemeinschaftlichen Schwerpunctes (S + s) in Betrachtung. Läge derselbe in der geometrischen Axe des Cylinders, welcher die Axe des Waagebalkens bildet, so würde letzterer bei vorhandenem Gleichgewichte in jeder Lage zur Ruhe kommen, läge er aber unter derselben, so müfste er bei jeder Bewegung gehoben werden und es käme zur Reibung noch die Ueberwindung dieser Last als ein Mittel zur Vermehrung der Trägheit hinzu, bei einer Lage oberhalb derselben müfste auf der Waagebalken, sofern die Reibung dieses nicht hindert, umschlagen. Hiervon wird später die Rede seyn; vorerst nehmen wir daher an, dafs der gemeinschaftliche Schwerpunct in die geometrische Axe des Cylinders falle, welchen die Axe des Waagebalkens bildet. Ist dann die Unterlage eine willkürlich

Fig. 8.

concave Fläche i0k, so mufs die verticale Linie durch den Schwerpunct der Axe auf den tiefsten Punct 0 fallen, wo-

Fig. 9.

Digitized by Google

aus dem horizontalen Stande des Waagebalkens auf den Zustand des Gleichgewichts geschlossen werden und also eine genaue Wägung möglich seyn soll. Denn rückte die Axe nach c, so würde die Verticale g' c durch ihren Schwerpunct nicht unterstützt seyn, der Unterstützungspunct fiele in f, die beiden Längen der Hebelarme wären nicht mehr a c = c b, sondern a d < d b und es wäre daher eine gröfsere Last in a erforderlich, um den horizontalen Stand wieder herzustellen[1]. Ruhet die cylindrische Axe des Waagebalkens auf einer geraden Fläche, so fällt die Reibung insofern weg, als sie sich in eine wälzende verwandelt, und da der gemeinschaftliche Schwerpunct nicht in die geometrische Axe des Cylinders fallen darf, welcher die Axe des Waagebalkens bildet, weil sonst die Hebelarme beim Gleichgewichte in jeder Lage zur Ruhe kommen würden, so findet bei cylindrischen Axen auch in diesem Falle eine Verkürzung der Hebelarme statt. Angenommen es liege der gemeinschaftliche Schwerpunct der Linie a b so in 0, dafs a 0 = 0 b ist, der Waagebalken nehme dann die Lage d e an, so fiele der Unterstützungspunct in i, der Waagebalken würde dann in der horizontalen Lage zur Ruhe kommen, zugleich aber ein verhältnifsmäfsig grofses Uebergewicht erforderlich seyn, um ihn aus dieser horizontalen Lage zu bringen, welches durch den Unterschied f m — f i gegeben ist, da f i kleiner ist als f m und also noch kleiner als i n. Fig. 10.

Hieraus ergiebt sich, dafs die Unterlage eine gerade Ebene seyn oder dieser möglichst nahe kommen mufs; denn eine convexe, von gleichem Krümmungshalbmesser, als die Axe, würde zwar diese Hindernisse insgesammt gänzlich aufheben, allein dann würde die Axe herabgleiten, abgerechnet, dafs die Bedingung des horizontalen Standes gleichfalls wegfiele. Die Axe dagegen, als Cylinder gedacht, wird am vortheilhaftesten verschwindend dünn seyn, denn die Gröfse i m ist dem Halbmesser des Cylinders direct proportional. Da aber die Axe zugleich eine angemessene Tragkraft haben mufs, so kann diese Bedingung nicht anders als durch die sogenannte *Messerschneide* erreicht werden, deren untere Schärfe als ein Theil der Oberfläche eines Cylinders von verschwindend kleinem Halbmesser

1 Eine Berechnung des jederzeit erforderlichen Uebergewichtes findet man in v. Gerstner's Handbuche. Th. I. S. 176.

nach Laplace[1] zu betrachten ist. Die Reibung mufs daher um s
mehr verschwinden, je feiner die Schneide ist; allein dam
wird zugleich ihre Haltbarkeit bedeutend vermindert, und ma
macht aus diesem Grunde den Winkel, welchen die beiden ebe
nen Flächen der Messerschneide mit einander bilden, dest
kleiner, je geringer die Tragkraft seyn soll. Bei sehr grofse
Waagen beträgt dieser Winkel nicht viel weniger, als 90 Gra
bei mittleren gewöhnlich 60°, bei feinen wird er bis 30° un
wohl noch weniger verringert, und dabei besteht diese Axe au
gehärtetem Stahle. Zugleich versteht sich von selbst, dafs di
Schneide eine gerade Linie bilden müsse, was mit einer zwei
ten Bedingung zusammenfällt, wonach die geometrische Ax
dieser Axe der Waage mit der geometrischen Axe des Waage
balkens zwei rechte Winkel bilden müsse. Die Nothwendig
keit dieses Erfordernisses läfst sich leicht nachweisen. Wä
Fig. 11. nämlich a b die Axe des Waagebalkens und c d die mit diese
rechtwinkelige Schneide, so bliebe die Länge der beiden Arm
bei jeder Drehung in der verticalen Ebene durch a b stets die
selbe; hätte aber diese Schneide die Lage e f, so würde bei de
genannten Drehung die wechselnde Unterstützung innerhal
der Ebene g e f h fallen, und dadurch könnte nicht sowohl ein
Ungleichheit beider Hebelarme entstehn, als vielmehr die Be
wegung des Waagebalkens von der verticalen, durch seine Ax
im Zustande des Gleichgewichts gelegten Ebene abweiche
müfste. Inzwischen werden geübte Künstler schon Sorge tra
gen, der Axe der Messerschneide eine solche perpendiculär
Richtung auf die Axe des Waagebalkens zu geben, dafs au
der Abweichung kein merklicher Fehler erwachsen kann. Aufser
dem müssen die Axen der beiden Messerschneiden an de
Enden des Waagebalkens zu der ihn tragenden mittleren pa
rallel seyn, eine Bedingung, die man gewöhnlich als erfül
voraussetzt und die daher nicht besonders erwähnt zu werde
pflegt. Neuerdings aber hat Gauss[2] diesen Gegenstand genau
erörtert und zugleich eine vortreffliche Methode zur Prüfun
und Berichtigung dieses Fehlers angegeben. Weil nämlich di
Tragstücke, an denen die Waagschalen hängen und welch
auf den äufseren Messerschneiden ruhen, beim Anhalten de

1 S. Art. *Pendel*. Bd. VII. S. 340.
2 Gött. gel. Anzeigen. 1837. S. 401.

Digitized by Google

Waagebalkens meistens abgehoben werden, so legen sie sich beim wiederkehrenden Spiele des Waagebalkens nicht stets wieder genau ebenso auf die Messerschneiden, als vorher, was bei vollkommenem Parallelismus derselben mit der mittleren unschädlich ist, bei nicht vollkommenem aber ein verändertes Moment erzeugt. Im ersteren Falle bewegen sich die äufseren Messerschneiden beim Oscilliren des Waagebalkens auf einer Cylinderfläche, im letzteren aber auf einer Kegelfläche, und das divergirende Ende derselben mufs daher beim Steigen des Hebelarmes steigen, beim Sinken desselben sinken, während für das convergirende das entgegengesetzte Verhalten statt findet. Zur Prüfung und Berichtigung dieses Fehlers wendet Gauss einen kleinen Planspiegel an, den man vertical auf das Tragstück aufstellt, am besten so, dafs seine Ebene zu der Schneide nahe senkrecht ist. Indem aber im Falle des völligen Parallelismus der Schneide des Tragstückes mit der mittleren die Ebene des Spiegels beim Spiele des Waagebalkens sich selbst parallel bleibt, so wird auch das Bild eines in schicklicher Entfernung vom Spiegel befindlichen Gegenstandes unverrückt bleiben, für ein divergirendes Ende der äufseren Messerschneide aber beim Steigen und Sinken des Waagebalkens gleichfalls steigen und sinken, wonach also die Correction geschehn kann.

V. Gerstner erwähnt, dafs man statt der Messerschneide auch *blofs zwei Spitzen* in Anwendung zu bringen pflege, die von gehärtetem Stahl seyn und den nämlichen Winkel haben müfsten, als die Messerschneiden. Sehr gebräuchlich ist diese Einrichtung sicher nicht, indefs hat Mohr[1] dieselbe als bei weitem die vorzüglichste empfohlen, ohne jedoch die Richtigkeit dieser Ansicht durch die Erfahrung darzuthun. Es scheint allerdings, als ob auf diese Weise eine vorzügliche Empfindlichkeit erreichbar sey, jedoch ist auffallend, dafs die Künstler diese leichte Methode gar nicht oder gewifs höchst selten gewählt haben, da keine der vielen bekannten, sehr empfindlichen, Waagen so construirt wurde, und es ist daher möglich, dafs bei der wirklichen Ausführung und dem Gebrauche sich unerwartete Schwierigkeiten zeigen, auch erinnere ich mich einmal gehört zu haben, dafs jemand sogar Spitzen von Edelstein wählte, um die Reibung noch mehr zu vermeiden, was jedoch

1 Poggendorff's Ann. XXV. 264.

den erwünschten Erfolg nicht hatte. Möglich bleibt es also immer, dafs die feinen, wenn auch in einen Winkel zwischen 30 bis 60 Grad zugeschärften, Spitzen sich theils abnutzen, theils etwas in die Unterlage, ungeachtet deren Härte, eindrücken oder einschleifen und dadurch den beabsichtigten Zweck verfehlen. Dieses ist um so wahrscheinlicher, da Tralles[1] versichert, dafs in einem kleinen Winkel zugeschärfte Messerschneiden, wenn sie auf Cylindern von Achat ruheten, sich nach einigem Gebrauche unter dem Mikroskope ausgebröckelt zeigten, weswegen dieser genaue Physiker auch ebene Achatplatten zur Unterlage verlangt, damit die Messerschneiden in mehreren Puncten aufliegen.

Die Reibung mufs nicht blofs durch die angegebene Einrichtung der Axe des Waagebalkens, sondern auch durch die der Unterlage vermindert werden. Ehemals ruhete die zur Messerschneide geschärfte Tragaxe des Waagebalkens in den Löchern oder Pfannen der sogenannten *Scheere* (*trutina*; châsse; *cheeks*), die verhältnifsmäfsig sehr weit und zuweilen auch unten bei 0 mit eingelegten schmalen, ebenen und glasharten Stahlplatten versehen waren, die Scheere selbst aber wurde an ihrem obern Ende vermittelst eines Ringes an einem Haken aufgehangen und trug somit die ganze Waage sammt der Last. In der neueren Zeit haben die Künstler vorgezogen, die Messerschneide auf zwei Unterlagen a b ruhen zu lassen, die auf zwei Säulen befestigt sind oder die obern Enden einer auf einer einzelnen Säule befestigten oder auch beweglichen Gabel bilden, statt der Zunge aber am Ende des einen Armes eine Spitze anzubringen, die an einer seitwärts befestigten Scale den Zustand des Gleichgewichts und die Abweichungen von demselben (den Ausschlag) angiebt. Die Unterlagen sind wenig concav oder bei ganz feinen Waagen eben, zuweilen halbcylinderförmig oder gar zur Messerschneide zugeschärft, so dafs die Berührung beider Schneiden, dieser und der der Axe, nur in einem Puncte statt findet, und bestehen entweder aus glashartem, fein polirtem Stahl, oder besser aus Achat; weil sich aber die härteste Messerschneide durch langen Gebrauch abnutzen würde, wenn sie fortwährend auf der fein polirten Unterlage mit ihrer ganzen Last ruhete, so hat man verschiedene Vor-

Fig. 12.

Fig. 13.

1 G. XXIX. 443.

Digitized by Google

richtungen angebracht, um im Zustande der Ruhe die Waage zu tragen. Hierdurch wird zugleich ein anderer Zweck erreicht, es werden nämlich die zu grofsen und dann zu lange dauernden Schwingungen vermieden und somit die Zeitdauer der Wägungen bedeutend abgekürzt; denn je empfindlicher die Waage ist, um so schwieriger findet man das richtige Gewicht, mit welchem sie sich auf 0 der Theilung einstellt. Bei einigen Waagen ist daher der Mechanismus so eingerichtet, dafs vor dem Einstellen zur gröfsten Feinheit das Gewicht annähernd bestimmt wird und dann zuletzt erst die schärfste Bestimmung eintritt. Die für diese Zwecke in Anwendung gebrachten Vorrichtungen sind zuerst die jetzt weniger gebräuchlichen Gabeln unter dem Waagebalken, auf welche derselbe herabsinkt und unbeweglich ruhet, während die Unterlagen der Messerschneide herabgelassen sind, oder zwei Einschnitte von einem kleineren Winkel, als der der Messerschneide, in welche die letztere mit ihren äufsersten Enden sich einlegt, ohne dafs die Schärfe der Messerschneide selbst eine Unterlage berührt. Eine zweite sehr gewöhnliche Vorrichtung besteht darin, dafs die Messerschneide auf einer weicheren Unterlage von Messing ruhet, und wenn damit das Gleichgewicht annähernd hergestellt ist, eine härtere von Stahl in die Höhe gerückt wird, um zu einer schärferen Bestimmung zu gelangen, womit bei manchen Waagen noch eine dritte, vorzüglich gut polirte und sehr *harte Unterlage* von Achat verbunden ist, die zuletzt unter die Messerschneide gehoben die schärfsten Bestimmungen gestattet. Die verschiedenen Mechanismen, wodurch diese Hebungen der Unterlage bewerkstelligt werden, ausführlich zu beschreiben scheint mir überflüssig, da jeder Künstler die den jedesmaligen Waagen angemessensten zu wählen pflegt[1], und ich bemerke nur noch, dafs eben diese dazu dienen können, um die Schwankungen des Waagebalkens aufzuheben, diesen zu arretiren und dann wieder frei spielen zu lassen. Für diesen Zweck pflegt man auch auf dem Fufsbrete der Waagen kleine Tischchen anzubringen, auf denen die Waagschalen ruhen und die man niederdrückt, damit die Oscillationen beginnen können, wobei man sogleich wahrnimmt, ob die zuerst

1 Eine feine Vorrichtung beschreibt Prony in Ann. de Chim. T. XXXVI. p. 50.

niedersinkende Waagschale noch ein merkliches Uebergewicht hat, was dann durch Wegnehmen angemessener Gewichte oder Zulegen derselben in die andere Waagschale compensirt werden kann.

Die nämlichen Gründe, welche die Reibung der Axe zu vermeiden gebieten, machen dieses auch bei der Aufhängung der Waagschalen nothwendig, und man wendet zur Erreichung dieses Zweckes ähnliche Mittel an. Gewöhnlich hängt der verhältnifsmäfsig weite Ring, woran die Waagschaale befestigt und welcher inwendig zugeschärft wird, über einer Messerschneide von 30 bis 60 Grad Zuschärfung, die am Ende des Waagebalkens auf dessen Längenaxe rechtwinklig, also mit der Tragaxe parallel laufend, angebracht ist. Bei einigen Waagen befindet sich an den Enden des Waagebalkens eine mit der Längenaxe des letzteren parallele, nach oben gekehrte Messerschneide, auf welcher nach Schaffrinski ein stählerner Halbcylinder so ruhet, dafs beide sich nur in einem Puncte berühren, Cavendish aber zieht eine Achatplatte dem Stahlcylinder vor. Dafs die eine dieser Messerschneiden durch eine Mikrometerschraube etwas verrückt werden könne, um die Länge der Hebelarme dadurch zu reguliren, ist bereits oben bemerkt worden.

Ein auf jeden Fall beachtenswerthes Mittel zur Verminderung der Reibung überhaupt und insbesondere bei zunehmenden Lasten hat Herapath[1] in Vorschlag gebracht. Sein Waage-
Fig. balken, welcher nach der Zeichnung aus einem blofsen Stabe
14. besteht, hat die Schneide der ihn tragenden Axe nach oben gerichtet und hängt an einem Hufeisenmagnete von hinlänglicher Tragkraft, dessen Schenkelenden abgerundet sind, um von der Schneide nur in einer feinen Linie berührt zu werden; zugleich aber wird gerathen, zwei Ringe so anzubringen, dafs der Waagebalken durch sie gehalten würde, wenn er durch zu grofse Belastung herabfiele. Zur Unterstützung der Waagschalen dienen feine aufstehende Stahlspitzen, und man gewahrt an den Enden zugleich die Mikrometerschrauben, welche die Länge und den Schwerpunct des Waagebalkens zu corrigiren dienen. Da sich alles Uebrige leicht von selbst versteht, so bemerke ich nur, dafs die Reibung hierdurch nicht mehr aufgehoben wird, als durch die Mittel, die man für diesen Zweck bei den

1 New Annals of Philos. T. II. p. 291.

Digitized by Google

Krämerwaagen in Anwendung zu bringen pflegt; denn es ist gleichgültig, ob das Gewicht die Messerschneide gegen die Unterlagen von Stahl herabdrückt, oder die magnetische Kraft sie aufwärts gegen die Schenkel des Hufeisens zieht, wobei die letztere stets stärker seyn mufs, als die erstere, weil sonst der Balken herabfallen würde, und die Schenkel des Magnets geben aufserdem nur polirten Stahl, welcher den Achatplatten auf jeden Fall nachsteht. Richtig ist allerdings, dafs die Reibung mit wachsenden Lasten abnimmt, allein dennoch ist dieses nur täuschend, denn auch bei den schwersten Lasten ist sie stärker, als die gemeine Krämerwaage sie giebt, und gerade bei der geringsten Beschwerung, wobei sie nach diesem Vorschlage am stärksten ist, verlangt man die gröfste Feinheit. Ein Vortheil liegt allerdings darin, dafs das einen sehr feinen Cylinder bildende Ende der Messerschneide die gröfseren Cylinder der Schenkel des Magnets berührt und beide sich auf einander wälzen, allein dieser kann die übrigen Nachtheile nicht aufwiegen, wozu unter andern auch die nicht stets unveränderliche Tragkraft der Magnete gehört.

Ein sehr zu beachtender, von W. Weber[1] bekannt gemachter Vorschlag ist auf das durch Bessel[2] angegebene, von Repsold ausgeführte Princip der Abwickelung eines biegsamen Fadens von einem Cylinder gegründet. Der Waagebalken besteht hiernach aus einem Kreuze mit vier feinen abgerundeten Enden oder mit Cylindern, um welche die den Balken und die Waagschalen tragenden Fäden gewickelt sind. Für sehr feine Waagen können die Cylinder aus Nähnadeln und die Fäden aus ungezwirnter Seide, sogenannter Knopfmacherseide, bestehen, die noch biegsamer ist, als die vorgeschlagenen Coconfaden.

Die wesentlichste Bedingung der Feinheit einer Waage wird durch die Lage der Schwerpuncte und des Unterstützungspunctes gegeben, und da hierbei zugleich der sogenannte *Ausschlag* in Betrachtung kommt, so ist diese Untersuchung in Beziehung auf die Theorie der Waage bei weitem die wichtigste. Wird der Waagebalken als ein zweiarmiger Hebel betrachtet, so gilt dafür die Voraussetzung, dafs die Schwerpuncte

1 Gött. gel. Anzeigen. 1837. S. 215.
2 Vergl. Art. *Pendel.* Bd. VII. S. 340.

der Lasten und Hebelarme, also P und P′, p und p′ in einer geraden Linie liegen, welches auch für gut gearbeitete Waagebalken so weit als richtig vorausgesetzt wird, als die Kunst dieses erreichen kann; man nimmt die Abweichung hiervon für verschwindend an. Liegt dann der gemeinschaftliche Schwerpunct S dieser zwei Paare von Schwerpuncten mit dem Unterstützungspuncte gleichfalls in der nämlichen geraden Linie, so würde bei Abwesenheit aller Reibung und bei vorhandenem Gleichgewichte der Waagebalken in jeder Lage ruhen, durch die geringste Vermehrung der Last aber die verticale Richtung annehmen, und da ein verschwindend kleines Gewicht physisch nicht darstellbar ist, so würden Wägungen mit einer solchen Waage nicht blofs schwierig, sondern eigentlich unmöglich seyn. Läge der Unterstützungspunct unter jener geraden Linie, so würde der Waagebalken bei der geringsten Bewegung umschlagen und der gemeinschaftliche Schwerpunct unter den Unterstützungspunct herabsinken, wie hier nur kurz wiederholt werden möge; der gemeinschaftliche Schwerpunct mufs also um ein Weniges unter dem Unterstützungspuncte liegen, und es fragt sich also, wie die Feinheit der Waage mit dieser Lage und den Gröfsen dieser Schwerpuncte im Verhältnifs stehe.

Fig. 15. Es sey zu diesem Ende PQ der mit den gleichen Gewichten P und Q belastete und dadurch in den Zustand des Gleichgewichts gebrachte Waagebalken, dessen eigenes Gewicht = W heifsen möge; es werde dann die Last P um die Gröfse p vermehrt, und dadurch erhalte der Waagebalken die Lage P′Q′. Ferner sey C der Unterstützungspunct, S der gemeinschaftliche Schwerpunct der Lasten und des eigenen Gewichtes des Waagebalkens, welcher also durch das Zulegen von p nach S′ gehoben wird und den Ausschlagwinkel SCS′ giebt. Es heifse dann:

$$PCH = a;\ PH = f;\ CH = g;\ CS = h \text{ und } SCS' = \varphi,$$

so ist wegen Aehnlichkeit der Dreiecke:

$$P'F = P'C \text{ Sin. } (a - \varphi) = P'C\ (\text{Sin. a Cos. } \varphi - \text{Cos. a Sin. } \varphi)$$
$$= f.\text{Cos. } \varphi - g.\text{Sin. } \varphi,$$
$$Q'G = Q'C \text{ Sin. } (a + \varphi) = QC\ (\text{Sin. a Cos. } \varphi + \text{Cos. a Sin. } \varphi)$$
$$= f.\text{Cos. } \varphi + g.\text{Sin. } \varphi,$$
$$S'K = CS' \text{ Sin. } \varphi = h \text{ Sin. } \varphi.$$

Nach den Gesetzen des Gleichgewichts ist aber

$$(P + p)\ P'F = P \times QG + Q \times S'K,$$

Digitized by Google

wofür die eben gefundenen Werthe substituirt geben:
$(P+p)(f.\text{Cos.}\varphi - g\,\text{Sin.}\varphi) = P(f.\text{Cos.}\varphi + g\,\text{Sin.}\varphi) + Q\,h\,\text{Sin.}\varphi.$
Dieses gerechnet giebt

$$\text{Tang.}\ \varphi = \frac{p\,f}{(2P+p)\,g + Q\,h}.$$

Die Tangente des Ausschlagwinkels ist also dem Zulegegewichte und der Länge des Hebelarmes direct proportional, steht aber im umgekehrten Verhältnisse der Belastungen und des eigenen Gewichtes des Waagebalkens. Wollte man das Zulegegewicht (den sogenannten Ausschlag beim Handel) gegen die gesammte Belastung, also p gegen 2P als verschwindend betrachten, so würde man, da g constant ist, für einen gleichen Ausschlagwinkel ein den gewogenen Lasten proportionales Zulegegewicht erhalten, da Q stets gleich bleibt. Für $g = 0$ ist

$$\text{Tang.}\ \varphi = \frac{p\,f}{Q\,h},$$

also von der Belastung unabhängig, d. h. wenn die Aufhängepuncte der Lasten mit dem Unterstützungspuncte in eine gerade Linie fallen; ist aber sowohl g als auch $h = 0$, oder wenn die Schwerpuncte der Lasten und des Waagebalkens mit dem Unterstützungspuncte in einer geraden Ebene liegen, so ist für jedes p, also für das geringste Zulegegewicht die Tangente des Ausschlagwinkels unendlich, sie gehört einem rechten Winkel zu, oder der Waagebalken stellt sich vertical.

Um daher einer Waage die erforderliche Feinheit zu geben, ist vor allen Dingen erforderlich, dafs der Waagebalken sich nicht biege, mindestens nicht merklich, denn eine geringe, wenn auch unmefsbar kleine, Biegung ist bekanntlich deswegen unvermeidlich, weil jeder Körper einige Elasticität hat; allein die Biegung darf auf jeden Fall nicht merklich seyn, weil sonst der gemeinschaftliche Schwerpunct der Lasten und auch der des Waagebalkens tiefer unter den Unterstützungspunct herabsinkt, also g und h gröfser werden. Da aber die Schwerpuncte der Lasten und des Waagebalkens unter dem Unterstüzungspuncte liegen müssen, damit der Waagebalken sich in horizontaler Lage bei vorhandenem Gleichgewichte einstelle, so darf der Abstand beider nur gering seyn, und es ist also die Feinheit der Waage der Kleinheit dieses Abstandes, der Leichtigkeit des Waagebalkens und seiner Länge, der Kleinheit der darauf gewogenen Lasten und der Verminderung der Reibung propor-

Digitized by Google

tional. Sofern es sich hier zunächst nur um die Lage des Schwerpunctes und des Unterstützungspunctes handelt, sucht man diese möglichst genau in die nämliche gerade Ebene oder Linie zu bringen. Um in dieser Beziehung seine Correctionen möglich zu machen, pflegen manche Künstler in einer verticalen Ebene über oder unter dem Unterstützungspuncte ein Gewicht mit einer Mikrometerschraube anzubringen, welches dem Unterstützungspuncte mehr genähert oder weiter davon entfernt werden kann, um dadurch die Lage des Schwerpunctes zu reguliren. Ebendieses geschieht auch dadurch, dafs die Unterlage des Hakens, woran die Waagschale hängt, am einen Hebelarme mittelst Mikrometerschrauben etwas mehr gehoben oder tiefer herabgesenkt wird, und so wie am einen Hebelarm die Correction für die Länge der Hebelarme angebracht wird, befindet sich am andern die Correction für die Lage des Schwerpunctes. Bei der Bestimmung des den Ausschlag bewirkenden Zulegegewichts ist auf die Reibung keine Rücksicht genommen, welche den Ausschlagwinkel kleiner machen mufs. Da die Reibung den Lasten proportional ist, so läfst sich auch diese berechnen[1]. Behalten P, Q und f die angegebene Bedeutung, heifst m der Reibungscoefficient, r der Abstand der auf der Unterlage ruhenden Messerschneide vom Mittelpuncte der Drehung und p′ das Gewicht, welches die Reibung überwindet, so ist

$$m(2P+Q+p')r=fp',$$

und hieraus wird

$$p'=(2P+Q)\frac{rm}{f-rm}$$

gefunden. Man nimmt $m=0{,}1$ an, allein da bei den feinen Waagen die Reibung eine wälzende ist und die Flächen der Messerschneide nebst ihrer Unterlage fein polirt sind, so ist jener Werth sicher noch bedeutend zu grofs.

Liegt der Schwerpunct der belasteten oder unbelasteten Waage unter dem Unterstützungspuncte, so wird ersterer gehoben, wenn einer der Hebelarme herabsinkt, er wird aber, wenn die herabdrückende Kraft nachläfst, wieder zur tiefsten Lage herabsinken und somit eine pendelartige Schwingung erhalten, die er zugleich den Hebelarmen mittheilt, die dann

1 Baumgartner Supplementb. S. 48.

gleichfalls pendelartig oscilliren. Weil aber die kleine Oscillation des Schwerpunctes die langen Hebelarme in Bewegung setzen mufs, so gleicht die Waage einem sehr langen Pendel, wobei die Oscillationszeiten um so gröfser sind, je kleiner der Abstand des Schwerpunctes vom Unterstützungspuncte im Verhältnifs zur Länge der Hebelarme ist. Empfindliche Waagen oscilliren also sehr langsam, und hierin liegt ein Hauptgrund der Schwierigkeit und langen Zeitdauer bei feinen Wägungen; auch oscilliren die Waagen langsamer, wenn sie mit Gewichten beladen sind, als ohne Schalen und Lasten[1].

Die Scalen, auf denen die aufwärts oder herabwärts stehenden oder am Ende des Waagebalkens angebrachten Zungen den Ausschlag angeben, sind in gewisse Theile getheilt. Wird der auf 0 dieser Scale im Gleichgewichte stehende Waagebalken durch ein bekanntes Uebergewicht bis auf einen oder etliche Theile der Scalen herabgedrückt, so kann man hieraus den Werth einer Abtheilung oder das Gewichtstheilchen finden, welches den Abtheilungen der Scale zugehört, und da für kleine Winkel diese den Tangenten gleich gesetzt werden können, so kann man beim Wägen das richtige Gewicht bestimmen, ohne dafs die Waage im Gleichgewichte steht, auch selbst in dem Falle, wenn die einzelnen Scalentheile kleineren Gewichten zugehören, als womit man versehn ist. Um dieses genauer zu *ermitteln, sey man* zuvor überzeugt, dafs bei gleicher Belastung die geometrische Axe des Waagebalkens sich in der horizontalen Lage a b einstellen würde. Stellt sie sich dann bei aufgelegten Gewichten in der geneigten Lage P′P ein, so ist P′ = P + p, oder die Waage wird durch das Uebergewicht p um einen gewissen Theil der Scale herabgedrückt. Legt man in die andere Scale dann ein bekanntes Gewichtstheilchen p′, und sinkt dieselbe in die entgegengesetzte Lage herab, so dafs der Waagebalken in der Neigung P′ (P + p′) zur Ruhe kommt, so ist die Summe der Gewichte im ersten Falle P′ + P = 2P + p, im zweiten Falle P′ + P + p′ = 2P + p + p′. Nennen wir die beiden Winkel φ und φ' und substituiren wir diese in die oben für den Ausschlag gefundene Formel, so ist

Fig. 16.

$$\text{Tang. } \varphi = \frac{p f}{(2P + p) g + Q h}$$

1 Vergl. Gerstner a. a. O. Bd. I. S. 178.

und $$\text{Tang. } \varphi' = \frac{(p' - p)f}{(2P + p + p')g + Qh}.$$

Wegen des unbedeutenden Unterschiedes können beide Nenner füglich einander gleich gesetzt werden, und man erhält dann, wenn man die Tangenten den Winkeln proportional setzt und statt dieser die Scalentheile m und n einführt,

$$m : n = p : p' - p$$

oder das erste und zweite Glied addirt

$$m + n : m = p' : p, \text{ also } p = \frac{p'm}{m+n},$$

also auch

$$P' = P + p = P + \frac{m}{m+n}p',$$

wodurch das den beobachteten Scalentheilen zugehörige Gewicht p bekannt wird, oder dieses letztere selbst, wenn man sich nicht im Besitze eines solchen (z. B. wegen seiner Kleinheit) befindet.

Es dürfte schwer seyn, zu bestimmen, welche Form der verschiedenen, von neuern Künstlern verfertigten, Waagen den Vorzug verdient, und welche daher geeignet wäre, hier zum Beschluss der Untersuchung beschrieben zu werden. Es möge daher hierzu die von Ramsden verfertigte gewählt werden, wie Thom. Young[1] sie beschreibt, weil dieser Künstler zuerst diesen Apparaten die erforderliche Genauigkeit und Fein-
Fig. 17. heit gab. Ihre Construction ist aus der Zeichnung genügend ersichtlich und bedarf daher keiner ausführlichen Beschreibung.

b) Schnellwaage.

Die sogenannte Schnellwaage, auch römische genannt (*Statera romana;* Balance romaine; *Steelyard*, *Stilyard*), beruht auf dem Principe des Hebels mit ungleich langen Armen. Wallis[2] leitet mit Pocock den Namen aus dem Oriente her, wo diese Art Waage frühe bekannt war, und da das am längern Hebelarme hängende Gewicht die Gestalt eines Granatapfels (arab. *Romman;* hebr. *Rimmon*) hatte, so soll sie hiernach noch jetzt dort *Rommana* heifsen. Den Namen Schnell-

1 Lectures on Nat. Philos. Lond. 1806. 2 T. 4. T. I. p. 126.
2 Mechanica. In Opp. T. I. p. 642.

waage hat sie daher, weil man in der That durch das Verschieben des Gewichtes schneller wägen kann; auch gewährt sie bei grofsen Lasten den Vortheil, dafs man nicht gezwungen ist, so viele Gewichtstücke aufzulegen, als die zu wägende Last beträgt, wobei aufserdem der tragende Haken nur die Summe des Gewichts der Waage, der daran hängenden Last und des Laufgewichts, mithin weniger, als bei der Krämerwaage zu tragen hat, gleiches Gewicht und gleiche Belastung beider vorausgesetzt.

Die gewöhnlichen Schnellwaagen sind so eingerichtet, dafs sie zugleich zum Abwägen gröfserer und kleinerer Lasten dienen. Zu diesem Ende haben sie zwei ungleiche Abtheilungen des Waagebalkens, indem sie für geringere Lasten am Haken c Fig. 18. aufgehangen werden, wobei das Verhältnifs der Längen a c zu c g statt findet, nach Umkehrung aber am Haken c′ mit dem Verhältnifs a c′ zu c′ g; der aus einer flachen Stange bestehende Balken ist dann auf beiden Seiten zugeschärft und die Schärfe mit Einkerbungen versehn, in welche der gleichfalls zugeschärfte Haken mit dem Laufgewichte P eingehängt wird, bis das Gleichgewicht hergestellt worden ist und die auf der zugehörigen Seite eingeschlagene Zahl das gefundene Gewicht angiebt. Durch das zwar nicht nothwendige, aber im Ganzen nicht ausbleibende Verschieben des scharfen Hakens auf der gleichfalls scharfen Kante des Waagebalkens werden beide, insbesondere der letztere, bald merklich abgenutzt, und es ist daher besser, dem Waagebalken die Gestalt eines, wenn auch gegen das Ende hin etwas verjüngten, Parallelepipedums zu geben und über diesen eine Hülle zu schieben, an welcher in beiden Lagen das Laufgewicht vermittelst eines Hakens in einem Oehre aufgehangen wird, wobei man nach Herstellung des Gleichgewichts die Zahlen auf der Seite des Waagebalkens durch einen Schlitz in der Mitte des Schiebers ablieset. Den Werth dieser Zahlen aus den Längen der beiden Hebelarme, aus dem Gewichte des Waagebalkens, des Laufgewichtes und der Waagschale durch Rechnung zu finden wäre zwar nicht schwer, würde aber auf jeden Fall sehr genaue Messungen dieser Gröfsen erfordern, und es ist daher sowohl leichter als auch sicherer, sie empirisch zu finden, wobei es nur einiger genauer Bestimmungen bedarf, um die dazwischenliegenden mit genügender Schärfe zu interpoliren. Zur Erreichung der erforderli-

Digitized by Google

chen Empfindlichkeit werden übrigens die Regeln in Anwendu gebracht, welche so eben für die Krämerwaage angegeben word sind. Da sich indefs die Gewichte in kleinere Theile zerfäll lassen, als die Längen der Hebelarme, so ist mit der Schnel waage keine so grofse Feinheit zu erlangen, als mit der Kr merwage.

Arzberger[1] hat vor bereits längerer Zeit die Schnel waagen mit den Krämerwaagen auf eine so zweckmäfsige Wei vereinigt, dafs man glauben sollte, diese Constructionsart wür allgemeiner eingeführt seyn, als bisher der Fall war, wora man sieht, dafs für den praktischen Gebrauch nur ganz einf che Werkzeuge verlangt werden, die sich ohne weitere U

Fig. 19. berlegung mechanisch behandeln lassen. Der Waagebalken A ist so eingerichtet, dafs er mit zwei Schalen an den beid Enden als gleicharmige Waage dienen kann. Hängt man ei viermal so schwere Schale an den Haken D, so wiegt man d vierfache Gewicht der Gewichtstücke, und wenn die Schale an aufgehangen ist, das sechzehnfache. Zugleich aber kann ma sich eines Laufgewichtes bedienen, welches gegen 9 Pfun wiegt, dieses auf der eingetheilten Stange verschieben und da mit, wenn die Last an D hängt, von 3 bis 35 ℔., wenn s aber an E hängt, von 12 bis 135 ℔ abwägen.

Aufser der genannten Schnellwaage giebt es vorzüglic noch die sogenannte *dänische*[2] (zuweilen auch schwedische ge nannt). Sie unterscheidet sich dadurch, dafs sowohl die Waag schale als auch das Laufgewicht ihre Stelle am Hebelarm nicht verändern, indem letzterer dagegen selbst in einer Hül

Fig. 20. verschoben wird, die zugleich die Axe enthält. Die Zeichnun giebt ein ungefähres Bild ihrer Construction. Man kann a derselben sowohl geringe als auch grofse Lasten wägen, un wenn der stählerne vierkantige Waagebalken von etwa dreim gröfserer Höhe als Dicke in feine Theile getheilt worden ist, a der einen Seite des Schlitzes in der Hülse, durch welche di Zahlen abgelesen werden, sich ein Nonius befindet, endlic aber die Messerschneiden, Unterlagen und überhaupt alle Teil der Waage nach den für die Krämerwaage angegebenen Regel

1 G. XLVI. 294.

2 Die Engländer nennen sie Danish balance oder danish steel yard.

Digitized by Google

genau gearbeitet sind, so genügen solche Waagen auch zur Bestimmung sehr kleiner Gewichtunterschiede.

Sehr fein construirt waren die Schnellwaagen von PAUL[1] in Genf, und sollten ebenso feine Gewichtsbestimmungen angeben, als vermittelst der Krämerwaagen gefunden werden, was jedoch nur dann möglich ist, wenn man den Waagebalken sehr leicht und den längeren Arm verhältnifsmäfsig sehr lang macht, wodurch der Apparat jedoch zum Wägen bedeutender Lasten untauglich wird. Sehr fein gearbeitet und mit verschiedenen Zierrathen versehn sind die *chinesischen Schnellwaagen*[2] aus Elfenbein, die blofs für geringe Lasten dienen; RAMSDEN[3] aber richtete eine gleichfalls feine Schnellwaage zur Bestimmung des spec. Gewichts der Körper ein, die HASSENFRATZ[4] dadurch zu verbessern suchte, dafs er auf dem längeren Hebelarme zwei verschiebbare Laufgewichte anbrachte, deren eins durch seine Stellung Gramme, das andere Centigramme angiebt, woraus man jedoch sogleich ersieht, dafs die Feinheit weit hinter derjenigen zurückbleibt, welche durch gleicharmige hydrostatische Waagen erreicht wird. Ungleich häufiger dagegen bedient man sich der Schnellwaagen zum Wägen grofser Lasten, jedoch geschah dieses ehemals häufiger als jetzt, wo man für diesen Zweck das Princip der zusammengesetzten Hebel anwendet und dadurch bedeutend an Raum erspart. Unter die älteren berühmt gewordenen Waagen ist vorzüglich die von LEUPOLD[5] im J. 1718 in Leipzig angelegte grofse *Heuwaage* zu zählen, welche zwei Aufhängepuncte hatte und mit drei Laufgewichten, die bei den schwersten Lasten alle aufgelegt wurden, von 3 bis 58 Centner zog, wobei sie auf ein halbes Pfund einen Ausschlag gab. Der Waagebalken hatte 6 Leipz. Ellen Länge, das Laufgewicht wog 1,25 Centner, und über demselben war ein Senkel angebracht, um den horizontalen Stand des Waagebalkens anzugeben.

Bei den einfachen Schnellwaagen mufs der eine Hebelarm

1 S. GREGORY's Mechanics. T. II. p. 405. Vergl. Philos. Mag. T. III.

2 GREW's Museum. p. 369. Hutton Dict. T. II. p. 456.

3 Account of Experiments to determine the spec. gravities of fluids. Lond. 1792. Journ. de Phys. 1792. Juin.

4 Ann. de Chim. An. 6. N. 76. G. I. 158.

5 Theatrum stat. univ. Part. I. Cap. 6.

sehr lang seyn, wenn grofse Lasten damit gewogen werden sollen; denn da die Axen nothwendig massiv seyn müssen, um die erforderliche Stärke zu haben, so lassen sie sich nicht einander so nahe bringen, um dem kürzeren Hebelarme das erforderliche Verhältnifs gegen den längeren zu geben. Eine wesentliche Verbesserung dieser Apparate beruht daher auf dem Principe, mehrere Hebel mit einander zu verbinden, um dadurch an Raum zu sparen, und hiernach hat man insbesondere in der neuern Zeit die Waagen für grofse Lasten ausnehmend bequem eingerichtet. Eine alte Einrichtung dieser Art sieht man bei der *schwedischen Schiffswaage*. Sie befindet sich in einem eignen Gestelle, und hängt an zwei Seilen, die über Rollen gehn und mittelst einer gezahnten Stange und eines Getriebes angezogen werden, um den Tragbalken, woran die Waage hängt, und diese zugleich mit in die Höhe zu winden wenn die Last bereits auf die Schale gelegt worden ist. Letztere hängt zwischen den beiden Unterstützungspuncten des gröfseren Waagebalkens, dessen längerer Arm c durch den kürzeren des zweiten d gehoben wird, an dessen längerem Arme die Waagschale mit dem Gewichte P hängt. Beide Waagebalken müssen im Zustande des Gleichgewichts sich in horizontaler Lage befinden, welches beim stärkern untern aus der Construction von selbst folgt, wenn es beim obern der Fall ist, und bei dem letztern wird es durch die Zunge u angezeigt, die in diesem Falle mit der lothrecht herabhängenden Stange v parallel laufen mufs. Man sieht bald, dafs das aufgelegte Gewicht P sich zu der gewogenen Last verhalten mufs wie verkehrt die Producte der Längen der Hebelarme, also $P : W = ll' : LL'$. Meistens wird die Einrichtung so getroffen dafs $l = l' = 1$ und $L = L' = 10$ ist, wodurch $P = \frac{1}{100} W$ wird. Weil aber hierbei das eigene Gewicht der Waagebalken nicht berücksichtigt worden ist, so werden diese durch die Gewichte der beiden Waagschalen und, wenn dieses nicht zureicht, durch Gegengewichte so balancirt, dafs die unbelastete Waage sich im Gleichgewichte einstellt.

Fig. 21.

Auf der Verbindung mehrerer Hebel beruht auch die Construction der *Strafsen-* oder *Mauthwaagen*, die auch *Wägebrücken* genannt werden und in England dazu dienen, das Weggeld nach dem Verhältnifs der Breite der Radfelgen (Radschienen) zur Belastung zu erheben, in Frankreich aber blos

dazu, das letztere Verhältnifs zu controliren. Eine ausführliche Beschreibung derselben würde hier zu viel Raum erfordern und zunächst nur den ausübenden Künstler interessiren, weswegen ich auf die vollständige Untersuchung ihrer Construction von v. Gerstner[1] verweise und nur im Allgemeinen bemerke, dafs die Waagschale (Wägebrücke) sich vor den Mauthhäusern zu befinden pflegt, hinlänglich breit und lang für die zu wägenden Wagen und der Bequemlichkeit wegen im gleichen Niveau mit der Strafse. Sie ruht auf den kürzeren Armen von Hebeln, deren längere Arme wieder durch die kürzern anderer Hebel bewegt werden, bis zuletzt eine im Zimmer des Mauthbeamten befindliche Schnellwaage das reducirte Gewicht der gewogenen Last angiebt, woraus das absolute Gewicht der gewogenen Last durch einfache Rechnung hervorgeht.

Die wesentlichste Verbesserung haben in der neuern Zeit die zum Wägen gröfserer Lasten bestimmten Waagen durch den Mechaniker Quintenz und seine Nachfolger Rolle und Schwilgue in Strafsburg erhalten[2]. Man übersieht die Construction dieser ebenso sinnreich als einfach gebauten Apparate, welche jetzt unter dem Namen *tragbare Brückenwaagen* oder *Bascülen* (vom franz. *bascule*) sehr allgemein bekannt sind, am besten, wenn man die dabei angewandten zusammengesetzten Hebel durch blofse Linien darstellt[3]. Es sey zu diesem Ende nn' die *Brücke* oder die Waagschale, worauf die Last W im Puncte a ruht, das eigene Gewicht dieser Brücke mit allen dazu gehörigen Theilen heifse Q, habe seinen Schwerpunct in m und ruhe mit dem Ende n auf dem Puncte c des Hebelarms hci, welcher mit dem Waagebalken fk durch die Stange hk verbunden ist, das andere Ende b aber hänge vermittelst der Stange be an eben diesem Hebelarme, dessen Unterstützungspunct in o sich befindet, so wie der des untern Hebels hci in i. Die hiernach aufgelegte, auf bn ruhende Last übt gegen den Punct n einen Druck $= W\frac{ba}{bn}$ und gegen b Fig. 22.

1 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 205 bis 210.

2 Dingler's polytechnisches Journ. Th. XIV. S. 1. Auf diese Waage hat J. G. Deibleis zu London im Jahre 1825 ein Patent erhalten. S. London Journ. of arts and sciences T. XIV. N. 87. Wiener Jahrbuch. Th. XIII. S. 339.

3 V. Gerstner Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 211.

einen Druck $= W\frac{an}{bn}$, zusammen also $= W\frac{ba}{bn} + W\frac{an}{bn} = W$ aus

das in seinem Schwerpuncte m angenommene eigene Gewicht der Brücke $= Q$ drückt aber auf den Punct n mit einer Last $= Q\frac{bm}{bn}$, gegen den Punct b mit einer Last $= Q\frac{mn}{bn}$, zusammen $= Q\frac{bm}{bn} + Q\frac{mn}{bn} = Q$. Die auf den Punct b wirkende Last ist daher $= W\frac{an}{bn} + Q\frac{mn}{bn}$ .... I.

Die auf den Punct n wirkende Last ist $= W\frac{ba}{bn} + Q\frac{bm}{bn}$

Letztere mufs also, auf den Punct c wirkend, den Hebel hi mit einer Kraft niederdrücken, welche die Stange hk mit einer Last

$$= \left(W\frac{ba}{bn} + Q\frac{bm}{bn}\right)\frac{ci}{hi} \text{ .... II.}$$

niederzieht. Auf den Hebel fok wirken also in den Puncten e und k diese beiden angegebenen Gewichte, im Puncte f aber nach entgegengesetzter Richtung das Gewicht der Waagschale mit Ketten $= P$ und das auf ihr liegende Gewicht $= p$, und damit beide Kräfte einander das Gleichgewicht halten, mufs seyn

$$(P+p)\,fo = \left(W\frac{an}{bn} + Q\frac{mn}{bn}\right)oe + \left(W\frac{ba}{bn} + Q\frac{bm}{bn}\right)\frac{ci}{hi}.ok$$

Da die Verhältnisse der Längen der Hebelarme willkürlich sind, so werden sie am einfachsten einander gleich gesetzt also $oe = \frac{ci}{hi}.ok$, und es lassen sich dann beide Glieder des letzten Theils der Gleichung addiren. Dieses giebt

$$(P+p)\,fo = \left(W\frac{an}{bn} + Q\frac{mn}{bn} + W\frac{ba}{bn} + Q\frac{bm}{bn}\right)oe;$$

$$(P+p)\,fo = \left(W\frac{(an+ba)}{bn} + Q\frac{(mn+bm)}{bn}\right)oe;$$

$$(P+p)\,fo = \left(W\frac{bn}{bn} + Q\frac{bn}{bn}\right)oe;$$

$$(P+p)\,fo = (W+Q)\,oe \text{ .... III.}$$

Da in dieser Gleichung die Gröfsen ba und bm nicht mehr vorkommen, so folgt hieraus, dafs es gleichgültig sey, auf wel-

Digitized by Google

chem Puncte der Wägebrücke die Last liege; indefs findet dieses nur dann statt, wenn $oe = \frac{ci}{hi} . ok$ ist, oder wenn oe:ok=ci:hi. Hieraus folgt die Regel, dafs ok so oft in oe enthalten seyn mufs, als hi in ci. Es mufs dann das Gewicht der Waagschale (P) mit dem Gewichte der Wägebrücke vollkommen ausgeglichen seyn, und ist dann p = 0, so mufs auch W = 0 seyn, und man erhält aus der Gleichung (III)

$$P.fo = Q.oe \ldots . \text{ IV.}$$

Wird die letzte Gleichung von der vorletzten abgezogen, so bleibt

$$p.fo = W.oe,$$

oder

$$p:W = oe:fo.$$

Es verhält sich also der kürzere Hebelarm oe zum längeren fo, wie das Gewicht, welches auf die kleinere Waagschale gelegt wird, zum Gewichte der auf der Waagebrücke gewogenen Last; wobei jedoch die Bedingung statt finden mufs, dafs die unbelastete Waage in ihren verschiedenen Theilen sich im Gleichgewichte befindet. Bei den meisten Wägebrücken, ja man darf wohl sagen bei allen, da sie jetzt in der Regel nach empirischer Vorschrift verfertigt werden, findet das Verhältnifs von 1 zu 10 statt, welches zugleich bequem und für das Bedürfnifs im Ganzen zureichend ist. Wollte man für gröfsere Lasten das Verhältnifs 1 zu 100 wählen, so würde der Hebelarm of zu grofs ausfallen, doch liefse sich auch diesem leicht begegnen, wenn man den Punct f des längeren Hebelarmes auf den kürzeren eines zweiten Hebels wirken liefse, welcher zu seinem längern abermals das Verhältnifs von 1 zu 10 haben müfste, um durch diese Verbindung beider das von 1 zu 100 herauszubringen. Einen wesentlichen Vortheil der Bequemlichkeit gewähren diese Waagen durch die Einrichtung, dafs ein grofser Theil des Hebelwerkes unter den Wägebrücken liegt, sie mithin verhältnifsmäfsig nur wenig Raum einnehmen, aufserdem aber werden sie in eine Vertiefung des Fufsbodens eingesenkt und man kann daher die zu wägenden Lasten auf die Wägebrücke wälzen. Uebrigens versteht sich von selbst, dafs die Hebel mit Messerschneiden ebenso auf harten Unterlagen ruhn, um die Reibung möglichst zu vermindern, als dies bei den Krämerwaagen und Schnellwaagen der Fall ist.

Digitized by Google

c) Zeigerwaagen.

Eine Classe von Waagen, die sich durch ihre grofse Bequemlichkeit sehr auszeichnen und bis zu einem sehr hohen Grade von Feinheit bringen lassen, sind die Zeigerwaagen (Balance à cadran; *Bent lever balance*). Für den physikalischen Gebrauch eignen sie sich nach BAUMGARTNER[1] insbesondere für diejenigen Fälle, wenn man das mit der Zeit sich ändernde Gewicht der Körper kennen will, welches sie dann selbst unter der Bedingung angeben, dafs sie unzugänglich sind wie z. B. unter der Campane einer Luftpumpe u. s. w. Das Princip, worauf ihre Construction beruht, ist ganz einfach folgendes. ACB ist ein Winkelhebel, dessen horizontale Axe, in C unterstützt und mit einer Messerschneide auf einer harten Unterlage ruhend, ohne merkliche Reibung drehbar ist. Als physischer Hebel betrachtet habe er seinen Schwerpunct in G, seine Spitze beschreibe einen Kreisbogen ED, und der ein Arm sey so eingerichtet, dafs auf das Ende B desselben ein vertical herabziehende Last wirkt. So lange diese Last nicht vorhanden ist, wird der Schwerpunct G in die Verticale CI herabsinken und in F zur Ruhe kommen, wirkt aber auf B eine vertical herabziehende Kraft (ein in die an B hängende Waagschale gelegtes Gewicht), so bildet der andere Hebelarm mit der Verticalen einen Winkel ACE, dessen Gröfse an den Theilen des getheilten Bogens ED bestimmt wird. Es

Fig. 23.

seyen

$$ACB = \alpha,\ ACE = \varphi,\ BCE = \varphi',\ \text{mithin}\ \alpha = \varphi + \varphi'.$$

Heifsen ferner, nachdem die Horizontalen FB und GH gezogen sind, $CG = A$, $CB = B$, die an B hängende Last $= P$, das Gewicht des Waagebalkens $= Q$, so hat man für den Zustand des Gleichgewichts

$$Q \,.\, GH = P \,.\, BF$$

$$\text{oder } Q \,.\, B \operatorname{Sin.} \varphi = P \,.\, A \operatorname{Sin.} \varphi'$$

$$\text{oder } Q \,.\, B \operatorname{Sin.} \varphi = P \,.\, A (\operatorname{Sin.} \alpha \operatorname{Cos.} \varphi - \operatorname{Cos.} \alpha \operatorname{Sin.} \varphi),$$

also

$$\operatorname{Tang.} \varphi = \frac{P \,.\, A \,.\, \operatorname{Sin.} \alpha}{Q \,.\, B + P \,.\, A \operatorname{Cos.} \alpha}.$$

Aus dieser Formel folgt, dafs für $P = 0$ die Spitze A des Zei-

---

1 Supplementband. S. 55.

Digitized by Google

gers in die verticale Linie nach E herabsinken würde; allein da auch bei der unbelasteten Waage der andere Hebelarm selbst einiges Gewicht hat, aufserdem aber die Waagschale an demselben hängen mufs, so kann P nie $= 0$ werden und der Hebelarm mit der auf die Abtheilungen des Gradbogens zeigenden Spitze mufs daher etwas gebogen seyn, wenn die Theilung unten in E mit 0 anfangen soll. Ferner wachsen die Tangenten nicht der Gröfse von P direct proportional, und die Abtheilungen des Gradbogens können also einander nicht gleich seyn; man mufs daher einige derselben nach der Formel oder empirisch auftragen und die zwischenliegenden interpoliren, woraus jedoch folgt, dafs solche Waagen nicht wohl so genau seyn können, als die Krämerwaagen. Nach Baumgartner hat Werner in Wien eine solche Waage verfertigt, deren Construction aus der Zeichnung genügend erkannt wird, mit einem getheilten Bogen von 12 Zoll Halbmesser, die das Gewicht der Körper von 22 Grammen bis 1 Milligramm angiebt. Fig. 24.

Die Zeigerwaagen haben vor den bisher genannten Arten von Waagen den Vorzug, dafs sie das Gewicht der Körper unmittelbar ablesbar angeben, und da sie zugleich sehr empfindlich seyn können, so bedient man sich derselben zum Wägen der Garnsträhne, um deren gleich feine zum Weben der nämlichen Stücke Zeug zu wählen. V. Gerstner[1] beschreibt die gewöhnlichsten Arten derselben, von denen ich die folgenden zwei, eine mit verticaler und eine andere mit horizontaler Scale, hier aufnehme[2]. Die gebräuchlichsten sind die mit verticaler Scale und beruhn auf folgenden Gesetzen. Es sey der gebrochene Hebelarm acb in c unterstützt und in a mit einem Gewichte P beschwert. Da die physischen Hebelarme ein eigenes Gewicht haben, welches Q heifsen möge, so nehmen wir an, dafs die unbelastete Waage in der Lage acb zur Ruhe komme. Dabei Fig. 25.

1 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 194. Vergl. Arzberger in G. XLVI. 392, wo eine vollständige Theorie der Zeigerwaage gegeben worden ist.

2 Eine solche Zeigerwaage ist auch diejenige, welche Schlumberger unter dem Namen einer Schnellwaage oder römischen Waage construirt hat. S. Dingler's polytechnisches Journal Th. XXXVI. S. 5 aus Bullet. de la Soc. industr. de Mülhausen. N. II. Die minder wissenschaftliche Art der Eintheilung des Quadranten kommt auf das hinaus, was oben nach Baumgartner angegeben worden ist.

Digitized by Google

mufs der gemeinschaftliche Schwerpunct der Gewichte $P+Q$ in irgend einem Puncte der von c herabgehenden Verticale liegen, wir nehmen an in m. Wird dann in i irgend ein Gewicht $=W$ aufgehangen, so zieht dieses den Waagebalken von b nach d herab, die Waage kommt in der Lage l c d zum Stillstande und der Waagebalken bildet in seiner zweiten Lage mit der ersten einen Winkel $bcd=\varphi$, welcher dem Winkel l c a gleich ist, während der gemeinschaftliche Schwerpunct der Gewichte $P+Q$ von m nach n gehoben wird und mit der frühern Lage einen Winkel $ncm=\varphi$ bildet. Da die statischen Momente einander gleich sind, so ist

$$(P+Q)\,no = W.ch \quad \ldots\ \text{I.}$$

Wegen der Gleichheit der Winkel sind auch die Dreiecke k c e und n c o, so wie auch k f e und c g h einander ähnlich. Man hat also

$$\begin{aligned} no : nc &= ke : kc \\ cg : ch &= kf : ke \end{aligned}$$

$$no.cg : nc.ch = kf : kc, \text{ woraus } no = \frac{kf.nc.ch}{kc.cg} \quad \ldots\ \text{II.}$$

Der letztere Werth in (I) substituirt giebt

$$(P+Q)\,\frac{kf.nc.ch}{kc.cg} = W.ch.$$

Hieraus ergiebt sich der von der Zeigerspitze auf der verticalen Scale k r beschriebene Theil oder der Ausschlag

$$kf = \frac{W.kc.cg}{(P+Q)nc} \quad \ldots\ \text{III.}$$

Für ein anderes an i gehangenes Gewicht $=W'$ würde sich k f in k f' verwandeln, und die von der Zeigerspitze an der verticalen Scale bezeichneten Abtheilungen sind also den Gewichten direct proportional; auch ergiebt sich aus der Formel, dafs k f um so gröfser wird, dafs also der Zeiger auf desto gröfsere Räume weiter rückt, also die Waage so viel empfindlicher wird, je länger der andere Hebelarm c k und je weiter der Aufhängepunct der Last g vom Drehpuncte c entfernt ist.

Die Construction der Waage kann auch so eingerichtet werden, Fig. dafs das balancirende Gegengewicht Q sich in n befindet und 26. der Zeiger in r auf 0 zeigt, wenn das Ende g des andern Hebelarmes in g unbelastet ist, dann aber nach n' und der Zeiger nach k gehoben wird, wenn eine Last den Hebelarm bis

Digitized by Google

g' herabzieht. Will man der Bequemlichkeit wegen die Scale auf einen Kreisbogen auftragen, so darf man um so mehr, weil bei diesen Waagen nur geringe Unterschiede der Gewichte verlangt werden, mithin nur kleine Bogen erforderlich sind, nur die *Linie* s t in gleiche Theile theilen und von den Theilungspuncten aus Linien nach c ziehen, deren Durchschnittspuncte mit dem Bogen auf diesem die Theile angeben.

Die zweite Classe dieser Waagen ist mit horizontaler Scale und ihre Berechnung der eben beschriebenen ganz ähnlich. Es befinde sich also für die unbelastete Waage das Gewicht Q in h, der eine Arm in a, der andere in b; nach der Belastung mit W komme h nach i, a nach d und b nach e, so ist für das Gleichgewicht Fig. 27.

$$W.cg = Q.ck,$$

also wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke dgc und fbe, so wie auch cki und ceb

$$\begin{array}{l} cg:cd = be:bf \\ ci:ck = bc:be \end{array}$$

$$cg.ci:cd.ck = bc:bf, \text{ also } cg = \frac{cd.ck.bc}{ci.bf},$$

welches substituirt giebt

$$W.\frac{cd.ck.bc}{ci.bf} = Q.ck$$

und hieraus

$$bf = \frac{W.cd.bc}{Q.ci}.$$

Die Theile b f der Scale sind also den Gewichten direct proportional, und es gilt von dieser Waage dasselbe, was so eben über die mit verticaler Scale gesagt worden ist, wie nicht minder die allgemeine Regel, dafs auch bei dieser Art von Waagen die Reibung so viel als möglich vermindert seyn mufs. Eine gewöhnliche Art der Construction dieser Waagen ist aus der Zeichnung ersichtlich, die keiner weiteren Erläuterung bedarf. Fig. 28.

d) Federwaagen.

Eine jede Feder widersteht einer sie aus ihrer Lage bringenden, also sie auf- oder abwickelnden, sie beugenden, sie zusammendrückenden oder ausdehnenden Last mit einer stets

Digitized by Google

wachsenden Kraft, und wenn man diese in Gewichtstheilen ausdrückt, so erhält man die verschiedenen Arten von Federwaagen, die zwar sehr bequem sind, grofse Genauigkeit aber nicht gewähren können, weil überall die wachsende Elasticität der Federn der auf sie wirkenden Last nach keinem bestimmten Gesetze proportional zunimmt und an sich einer Modification durch den Einflufs der Temperatur unterliegt. Federwaagen pflegen daher nur da gebraucht zu werden, wo es auf grofse Genauigkeit nicht ankommt, z. B. beim Abwägen der Pferderationen an Heu, Hafer u. s. w., wobei sie wegen ihrer Kleinheit als sehr bequeme Apparate dienen. Eine theoretische Bestimmung der von ihnen anzugebenden Gewichte ist unmöglich, sie müssen also empirisch getheilt werden, und es genügt daher, die gangbarsten derselben nur im Allgemeinen zu beschreiben. Eine sehr gemeine Art besteht aus einem hohlen, etwa 4 bis 6 Zoll langen und ungefähr 1 Zoll im Durchmesser haltenden Cylinder, oben mit einem Ringe, um sie an einem Finger zu halten, unten mit einem Haken, woran die zu wägende Last gehangen wird. Im Cylinder ist eine schraubenförmig gewundene Feder angebracht, welche durch die Last zusammengedrückt wird. Durch diese Feder ist eine vierkantige Stange gesteckt, welche sich bei der Zusammendrückung derselben entweder oben oder unten durch den Deckel des Cylinders ziehen läfst, je nachdem die Feder sich gegen den obern oder untern Boden des Cylinders steift, und auf der flachen Seite dieser Stange sind dann diejenigen Gewichte, meistens nur bis zu Viertelpfunden, bezeichnet, die der erzeugten Zusammendrückung der Feder zugehören, so dafs man das Gewicht der gehobenen Last unmittelbar ablieset.

Fig. 29.

Nach einer zweiten, gleichfalls sehr gewöhnlichen, Construction bestehen die zu gleichen Zwecken dienenden Federwaagen aus einem stählernen Bügel, welcher oben mit einem Oehre versehen ist, durch welchen der zum Halten dienende Ring geht, unten aber mit einem zweiten d, in welchem der zum Anhängen der Lasten bestimmte Haken h hängt. Das eine Ende des stählernen Bügels hält in einem Scharniere r das Ende eines Zeigers, welcher durch eine Oeffnung b im andern Ende des Bügels gesteckt ist, und dessen Spitze c beim Auseinanderziehen des Bügels auf einem getheilten Bogen diejenigen Gewichte angiebt, welche an den Haken h gehangen die

Fig. 30.

Digitized by Google

stärkere Ausdehnung des Bügels bewirken. Diese Scale befindet sich auf einer messingnen Platte o n von geeigneter Form, welche in e am Bügel befestigt ist. Man hat auch zum Garnwiegen dienende Federwaagen, die aus einer am oberen Ende etliche Male umgewundenen und in einen hölzernen Cylinder ef eingelassenen Feder bestehen, wobei ein in den Cylinder gesteckter Draht ss' dazu dient, die zu wägenden Strähne vermittelst eines Hakens daran zu hängen. Zu den Federwaagen pflegt man auch die *Dynamometer* zu rechnen, von denen bereits geredet worden ist[1]; es verdient aber hier noch bemerkt zu werden, dafs unter Andern namentlich Egen[2] dieses Werkzeug, dessen er sich bei seinen lehrreichen Untersuchungen über die Kraft der Mühlräder bediente, *Federwaage* nennt, dagegen einen andern Apparat durch Dynamometer bezeichnet, welcher bei seinen Messungen gleichfalls gebraucht wurde. Letzterer besteht aus einem starken eisernen flachen Ringe, welcher um die Mühlenwellen gelegt, und um für diese von verschiedener Dicke zu passen, mittelst Schrauben, deren untere Spitzen sich hinlänglich tief in die hölzerne Welle eindrücken, unbeweglich befestigt wird. Um diesen Ring, welcher aufsen flach und mit aufstehenden Rändern versehen ist, um das Abgleiten zu verhüten, wird ein anderer Ring als Band gelegt und mittelst Schrauben fest angezogen, damit beide sich auf einander so stark reiben, als der jedesmalige Versuch erfordert. Während also der innere Ring sich mit der Mühlenwelle umdrehet, wobei der äufsere Ring so stark angezogen wird, dafs jener nach ausgelösetem Getriebe die nämliche Umdrehungsgeschwindigkeit erhält, als wenn das zugehörige Werk im Gange ist, so verwendet die Mühlenwelle ihre ganze Kraft auf die Ueberwindung der Reibung beider Ringe auf einander, die zur Verhütung des Erhitzens stets mit Wasser benetzt werden. Am äufseren Ringe befindet sich ein starkes Oehr; durch dieses steckt man einen Balken, um den Ring festzuhalten, und an das andere Ende dieses Balkens oder dieser Stange bringt man die Federwaage (das Dynamometer) an, welche die von der Stange gehobenen Gewichte und also, mit Rücksicht auf die ungleiche

Fig. 31.

1 S. Art. *Dynamometer*. Bd. II. S. 715.

2 Untersuchungen über den Effect der Wasserwerke u. s. w. Berl. 1831. 4.

Digitized by Google

Länge der Hebelarme, die Kraft der Mühlenwelle in Pfunden angiebt. Egen tadelt die in diesem Werke angegebene Construction der Dynamometer (Federwaagen) deswegen, weil der stählerne Bügel durchbrochen ist, um die Handhaben und das Zeigerwerk anzubringen, und er läfst diese daher durch übergreifende Klammern befestigen, inzwischen ist die Schwächung des Bügels durch die Löcher nicht merklich, weil die eingebrachten Zapfen sie vollständig ausfüllen, auch habe ich bei gut ausgeführten Dynamometern nie eine Abweichung vom richtigen Gange bemerkt, selbst wenn sie mit Lasten bis zu 1000 Kilogrammen beschwert wurden. V. Gerstner[1] hat eine eigenthümliche, gleichfalls sehr zweckmäfsige, Construction der Dynamometer (*Kraftmesser*) angegeben; mir scheint aber die von mir in Vorschlag gebrachte, neuerdings noch etwas verbesserte, deswegen den Vorzug zu verdienen, weil der Zeiger, sowohl wenn er nach einer Seite hin sich bewegend kleinere Gewichte angiebt, als auch nach der anderen gröfsere, jederzeit einen ganzen Kreis durchläuft, wodurch die Messung leichter und genauer wird.

Zu den Federwaagen kann auch diejenige gezählt werden, welche Ritchie[2] auf das Princip gegründet hat, dafs lange und dünne Glasfäden eine den drehenden Kräften ins Unbestimmte proportionale Elasticität besitzen, denn er drehete einen solchen Glasfaden von 10 Fufs Länge wenigstens um 5000 Grade, bis er ein einziges Grän zu heben vermochte. Die hiernach construirte Waage besteht aus einem sehr feinen Waage-
Fig. balken ab, bei welchem vor allen Dingen nur seine Leichtig-
82. keit in Betrachtung kommt, doch soll er, nach der Angabe des Erfinders, zugleich die erforderliche Mensur haben, um in beiden Schalen zu wägen. Der Waagebalken ist über einer perpendiculär auf seine Längenaxe gerichteten feinen Messerschneide kk befestigt, und hat am einen Ende eine Spitze, welche an einer Scale seinen horizontalen Stand angiebt; die Messerschneide ruhet auf zwei kleinen Glasstäbchen c und c, welche auf den beiden Armen einer verticalen Stütze befestigt sind. An dem einen Ende k in der Verlängerung der Schneide ist ein

1 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 216.

2 Philos. Trans. 1830. p. 215. Schweigger's Journ. Th. LXI. S. 336. Pechner's Repertorium Th. I. S. 7. Wiener Zeitschrift. Th. IX. S. 214.

Digitized by Google

aus mehreren Fädchen ungezwirnter Seide verfertigter Faden angebunden, dessen anderes Ende an die Spirale s aus dünnem Messingdraht geknüpft wird, am andern Ende der Schneide ist ein Glasfaden von einer der Bestimmung angemessenen Dicke und Länge befestigt, dessen anderes Ende durch etwas Siegellack in einem kleinen hölzernen Cylinder feststeckt, welcher im Centrum der Scheibe d mittelst eines Knöpfchens e um seine Längenaxe gedrehet werden kann. Die Scheibe hat am Rande eine Theilung, und auf dem Ende des hölzernen Cylinders steckt ein Zeiger, welcher angiebt, um wie viele Grade der Glasfaden gedrehet wird. Die Methoden, welche Ritchie angiebt, um vermittelst dieser Waage zu wiegen, scheinen mir weit künstlicher, als dieses nöthig ist, und ich glaube vielmehr, dafs man sehr bequem auf folgende Weise verfahren könne, da eine solche Waage doch nur zum Wägen kleiner Lasten bestimmt seyn kann, und als erwiesen vorausgesetzt wird, dafs die Elasticität des Glasfadens den ihn drehenden Lasten proportional ist, mithin die Grade seiner Drehung die diesen proportionalen Gewichttheilchen angeben. Diesem gemäfs wird der mit der Theilung versehene Ring so eingerichtet, dafs er sich um die geometrische Axe des Glasfadens drehen und demnach so stellen läfst, dafs der Zeiger beim Zustande des Gleichgewichts der unbelasteten Waage auf 0 zeigt. Wird dann die eine Waagschale mit einer geringen Last beschwert, so sinkt sie herab, man drehet dann den kleinen Cylinder an seinem Knopfe und somit zugleich den in ihm steckenden Glasfaden und den Zeiger nach der entgegengesetzten Seite so lange, bis die Waage wieder zum Gleichgewichte gekommen ist, und erhält aus dem von der Zeigerspitze durchlaufenen Bogen die Gröfse des Gewichtes. Betrügen z. B. für ein Centigramm die durchlaufenen Grade 500; so kämen auf ein Milligramm 50, und eine bewirkte Drehung von 20 Graden würde ein Gewicht von $\frac{20}{50}$ oder $\frac{2}{5}$ Milligramm anzeigen. Bei dem Abwägen von gröfseren Lasten könnten die Drehungen blofs zur Auffindung der kleinen Gewichttheilchen benutzt werden. Wäre z. B. ein Körper vermittelst Gewichtstücken bis so weit abgewogen, dafs durch Zulegen eines Milligramms die Gewichtstücke das Uebergewicht hätten, nach der Wegnahme desselben aber der gewogene Körper herabsänke, der Unterschied also nur einen gewissen Theil eines Milligramms betrüge, so müfste das Gleich-

Digitized by Google

gewicht durch Drehung des Fadens hergestellt werden, und die vom Zeiger durchlaufenen Grade gäben dann die Bruchtheile des Milligrammes an. Würde z. B. nach der obigen Bestimmung eine Drehung von 10 Graden erfordert, um das durch Wegnahme des Milligramms aufgehobene Gleichgewicht wieder herzustellen, so würde dieses anzeigen, dafs der gewogene Körper $n + \frac{10}{50}$ oder $n + \frac{1}{5}$ Milligramm wöge. Ritchie giebt sachgemäfs an, dafs man Glasfäden von verschiedener Stärke in Anwendung bringen könne, auch ist es zweckmäfsig, die Waage zur Vermeidung des Luftzuges in einen Kasten zu setzen, aus welchem der oft lange Glasfaden herausstehn kann.

Endlich läfst sich in gewisser Beziehung an die Federwaagen noch diejenige anreihen, welche, vielleicht mehr zu den Krämerwaagen gehörig, nach einer eigenthümlichen Construction von W. Weber in Vorschlag gebracht und mir durch die Ansicht einiger bereits verfertigter Exemplare bekannt geworden ist[1]. Der Waagebalken besteht aus einem länglich vierkantigen Rahmen, dessen beide längere Seiten in ihrer Mitte durch einen Querbalken verbunden sind; letzterer aber hängt an zwei Uhrfedern bei gleichem Gewichte seiner beiden Hälften und der von der Mitte der kürzern Seiten herabhängenden Schalen horizontal, welcher Stand durch einen Zeiger an einem getheilten Bogenstücke angezeigt wird. Eine in die eine Waagschale gelegte Last drückt diese hinab, bis durch das in die andere gelegte Gegengewicht der horizontale Stand wieder herbeigeführt wird, und das Wägen mit ihr geschieht daher auf dieselbe Weise als bei der Krämerwaage. Zur allgemeinen Kenntnifs der Sache wird diese kurze Andeutung hier genügen.

e) Senkwaagen.

Das hydrostatische Gesetz, nach welchem jeder in eine Flüssigkeit eingetauchte Körper so viel Widerstand findet, als das Volumen der durch ihn verdrängten Flüssigkeit beträgt, verbunden mit der Erfahrung der höchst geringen, hierbei statt findenden Reibung, hat sicher häufig die Idee hervorgerufen, hierauf die Construction von Waagen zu gründen; als wirklich ausgeführt sind mir jedoch nur wenige Vorschläge bekannt

1 Vergl. Göttingische gel. Anz. 1837. S. 218.

Digitized by Google

geworden, die ich hier kurz angebe, weil eine nähere Prüfung die nicht genügende Zweckmäfsigkeit derselben darthun wird. Nach Champion[1] soll in ein hohles cylindrisches Gefäfs ein anderer Cylinder gesenkt werden, so dafs zwischen beiden nur ein Spielraum von 1 bis höchstens 2 Linien bleibt. Wird dann in das Gefäfs die erforderliche, nicht eben grofse Menge Quecksilber gegossen, so treibt dieses, indem es selbst in dem Zwischenraume in die Höhe steigt, den innern Cylinder mit einer Kraft empor, welche dem Gewichte einer Quecksilbersäule von der Basis dieses Cylinders und der Höhe, bis zu welcher es emporgetrieben wird, gleich ist. Es läfst sich dann leicht eine Vorrichtung herstellen, z. B. ein Kreuz mit überstehenden Enden auf der obern Fläche des eingesenkten Cylinders befestigt, von welchen vier Seile herabhängen, die eine Waagschale halten, damit die zu wägenden Lasten den Cylinder in der Flüssigkeit niederdrücken. Ein angebrachter Zeiger dreht sich bei tieferem Einsenken vor einer getheilten Scale, und zeigt auf dieser nach vorher gemachter empirischer Bestimmung die zum tieferen Herabdrücken erforderlichen Gewichte, so dafs man bei nachherigen Wägungen blofs die Scalentheile, die der Zeiger angiebt, abzulesen hat, um die Gewichte der gewogenen Lasten zu bestimmen. Weit mehr zusammengesetzt ist eine andere sogenannte hydraulische Waage, worauf Medhurst ein Patent erhalten hat[2]. Diese besteht der Hauptsache nach aus einem cylindrischen, mit Wasser gefüllten Gefäfse, in welches ein anderes, oben luftdicht verschlossenes, unten offenes, so eintaucht, dafs beim tiefern Hinabsinken die Luft in ihm verdichtet wird. Das Wasser im ersten Gefäfse steht mit dem in zwei andern Cylindern in Verbindung, in welches zwei massive Cylinder eintauchen, deren Gröfse zu der des hohlen Cylinders in einem solchen Verhältnisse genommen wird, dafs der Wasserstand in allen drei Behältern stets gleich bleibt, weil in das hohle Gefäfs durch Compression der darin befindlichen Luft so viel Wasser eindringt, als die beiden herabgedrückten Cylinder verdrängen. Aus hydrostatischen Gesetzen ergiebt sich dann von selbst, dafs die drei Cylinder den sie tiefer

1 Aus Annales des Arts et Manufactures und Journal für Fabriken Oct. 1805. S. 300. in G. XXX. 389.

2 Aus Repertory of Inventions in Dingler's polytechnischem Journ. Th. XXV. S. 218.

hinabdrückenden Lasten einen zunehmenden Widerstand entgegensetzen, so dafs die Gewichte der aufgelegten Körper aus der Tiefe des Einsinkens erkannt werden; die geeigneten Vorrichtungen aber, um mittelst eines solchen Apparates zu wägen lassen sich leicht auffinden.

Die erste dieser beiden Waagen unterliegt dem grofsen Uebelstande, dafs das Quecksilber die eisernen Cylinder sehr bald zum starken Rosten bringt, sie dadurch verdirbt, selbst aber in einem hohen Grade verunreinigt wird und sich dann an die Wandungen hängt, wodurch die Waage sehr unrichtig werden mufs. Dieser Mangel ist so bedeutend, dafs ich hiernach die ganze Idee für praktisch unausführbar halte, wenn es nicht möglich ist, hölzerne, mit Firnifs überzogene, zugleich aber gegen das Reifsen und Schwinden gesicherte, Cylinder zu verwenden. Beide Apparate unterliegen dem Mangel, dafs die Flüssigkeiten sich durch Wärme stark ausdehnen, wodurch die Wägungen unrichtig werden; aufserdem aber sind feine Wägungen damit unmöglich, weil diese sehr dünne eintauchende Cylinder erfordern, die dann für zunehmende Gewichte zu lang seyn müfsten, dicke und kurze eintauchende Cylinder verdrängen aber eine zu grofse Masse von Flüssigkeit, als dafs eine nur annähernde Feinheit der Wägung damit möglich seyn sollte. Hiernach bleibt die für einen einzigen Zweck, nämlich die Auffindung des specifischen Gewichts der Flüssigkeiten, bestimmte Senkwaage von Tralles[1] allein brauchbar; alle andere Vorschläge sind aber zu verwerfen, und es wird schwerlich überhaupt erreichbar seyn, auf eine andere Weise, als diese letztere, zu einer den Forderungen genügenden Waage zu gelangen.

Ungleich leichter, ja überhaupt ohne Schwierigkeit ausführbar ist dagegen eine in der That sogar zweckmäfsige Waage,

---

1 S. Art. *Aräometer*. Bd. I. S. 888. Solcher Waagen hat sich auch Hassler bei der Regulirung der nordamericanischen Mafse und Gewichte bedient und bei gröfseren Lasten den Schwimmer auch in Quecksilber gesenkt. Da ihre Feinheit der Gröfse des eingetauchten Körpers und der Dünnheit seines Stieles proportional ist, so gestatten sie einen sehr hohen Grad der Genauigkeit und durch das erwähnte Princip der *doppelten Wägung* (indem man den zu wägenden Körper auf die Waagschale legt und ihn dann mit Gewichtstücken vertauscht) allgemeine Anwendung; aufserdem aber sind sie sehr wohlfeil, haben nur eine verschwindend geringe Reibung, und vereinigen somit mehrere nicht geringe Vorzüge.

Digitized by Google

welche auf das Princip des gleich hohen Standes der Flüssigkeiten in communicirenden Röhren gegründet, durch v. Horner[1] angegeben, geprüft und brauchbar gefunden wurde. Sie besteht aus einem Cylinder A, welcher oben etwas ausgehöhlt und mit einem Stücke starken Bocksleders von einem Beutel, worin das Quecksilber versandt zu werden pflegt, bauchig überbunden ist. In den Cylinder war die doppelt rechtwinkelig umgebogene, ungefähr zwei Linien weite[2] Glasröhre D'D' eingekittet, durch welche der lederne Sack mit Quecksilber gefüllt wurde. Aus der Zeichnung ergiebt sich dann von selbst das Fufsbret N, auf welchem der Cylinder ruht, die aufstehende Leiste, um das verticale Ende der Glasröhre und eine geeignete Scale daran zu befestigen, ferner die Leisten s r und das Bret B, auf welches die zu wägenden Lasten gelegt werden. Diese drücken gegen das Quecksilber in dem aufgetriebenen Beutel und machen es in der Röhre aufsteigen, wobei aus der Höhe und dem Durchmesser des Cylinders das aufgelegte Gewicht bestimmbar wird. Bei dem beschriebenen Exemplare hielt der Cylinder ungefähr 1,5 Zoll im Durchmesser und das Quecksilber stieg dann durch 1 Pfund Gewicht um einen Zoll. Der Einflufs der Wärme auf das Quecksilber ist unbedeutend, stärker aber dürfte der der Feuchtigkeit auf das Leder seyn, doch liefse sich diesem zum Theil begegnen, wenn man die Scale verschiebbar machte, damit das Quecksilber in der Röhre *bei unbelasteter* Waage stets auf 0 einstände. Der eigentliche Vortheil liegt indefs wohl minder in der Feinheit und Genauigkeit, als in der Bequemlichkeit und Einfachheit dieser Vorrichtung; auch scheint es mir eine nicht unwesentliche Verbesserung zu seyn, wenn man statt des Leders, welches das Quecksilber bei starkem Drucke leicht durchläfst, Federharz zum Ueberbinden des Cylinders wählte. Fig. 33.

f) Waagen von eigenthümlicher Construction.

Verschiedene Apparate, die gleichfalls Waagen genannt werden, sind bereits beschrieben worden, z. B. die *Aräometer* und die

1 G. LXVIII. 102.

2 Besser würde es seyn, sie nur eine oder höchstens 1,5 Lin. weit zu nehmen.

hydrostatischen Waagen[1], wie nicht minder die *Drehwaage* von Coulomb nebst ihren verschiedenen Modificationen; es bleibt uns daher nur noch übrig, die Waagen von eigenthümlicher Construction, bei denen die bisher erörterten Princip nicht in Anwendung kommen, kurz anzugeben. Es ist mir indefs nur eine bekannt geworden, die Erwähnung verdient nämlich die durch Huber[3] vorgeschlagene und von ihm balance tangentigrade genannte. Denken wir uns ein Ge-
Fig. stell abde und an diesem einen Faden von möglichst geringen
34. Gewichte in f befestigt, dann über eine Rolle r gezogen, so wird dieser zwischen dem Anfangspuncte f und der Rolle durch ein beliebiges Gewicht P in eine gerade Linie gespannt jedes in p angehängte Gewicht mufs ihn aber herabziehen, und zwar zu einer der Gröfse des letzteren proportionalen Tiefe so dafs man aus der Tiefe des Fadens die ihn herabziehende Last ermessen kann, wozu die angebrachte Scale dient, an deren Theil der Punct c des Fadens hinweiset. Alle sonstige Mängel einer solchen Waage nicht gerechnet giebt schon die Reibung der Rolle, wenn auch möglichst vermindert, ein bedeutendes Hindernifs ab.

Weit zweckmäfsiger ist dagegen die Construction eines ähnlichen, von W. Weber[4] in Vorschlag gebrachten und *Kettenwaage* genannten Apparates. Wird nämlich ein biegsamer Faden mit seinen zwei Enden an festen Puncten befestigt so bildet der herabhängende Theil die bekannte Kettenlinie (*catenaria*). Werden aber in beliebigen Entfernungen von jenen festen Puncten Fäden mit herabhängenden Gewichten angeknüpft, so geht die Form der drei hierdurch gebildeten Theile der Kettenlinie in gerade Linien über, deren gegensei-
Fig. tige Lage durch das Verhältnifs der herabziehenden Gewichte
35. bedingt wird. Sind demnach die beiden festen Puncte C und C′, die Gewichte P und P′, ist ferner CA von gleicher Länge mit CB und liegen C und C′ in einer horizontalen Ebene, so wird auch AB für P = P′ eine horizontale Lage erhalten und

1 S. Art. *Aräometer*. Bd. I. S. 349. Vergl. *Gewicht*. Bd. IV S. 1516.

2 S. Art. *Drehwaage*. Bd. II. S. 591.

3 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Genève 1821 T. I. p. 93.

4 Gött. gel. Anzeigen. 1837. S. 211.

Digitized by Google

der Winkel A dem Winkel B gleich seyn; ein Unterschied der Gröfsen P und P′ mufs aber eine verhältnifsmäfsige Abweichung der Linie AB von der horizontalen Lage und eine Ungleichheit der Winkel A und B zur Folge haben, so dafs sich durch die letzteren Gröfsen die ersteren messen lassen. Die weitere Untersuchung ergiebt jedoch, dafs auf diesem Wege diejenige Feinheit nicht erreicht wird, welche den Krämerwaagen eigen ist, und wollte man nach dem Vorschlage des Erfinders noch einen dritten Radius anbringen und die dadurch vergröfserte Veränderung des Winkels in einem Spiegel vermittelst eines Fernrohrs ablesen, so dürfte der Apparat dadurch zu complicirt werden.

Gegen das Ende des vorletzten Jahrhunderts, während der vielen Versuche zur Begründung des Gesetzes des Hebels, machte Roberval[1] einen Apparat bekannt, welcher nach ihm *Waage des Roberval* (*Vectis Robervalli*; Balance de Roberval; *Roberval's Balance*) genannt worden ist. Die zu einem Parallelogramm vereinigten vier Stäbe AB CD sind an ihren vier Enden vermittelst hölzerner Nägel so verbunden, dafs sie sich um diese Zapfen leicht bewegen lassen, zugleich sind die beiden langen zwischen den beiden Theilen der Säule GH um die in ihrer Mitte E und F durchgesteckten Zapfen drehbar. Zwei in P und Q unbeweglich befestigte Querstangen IM und NO dienen dazu, die beiden gleichen Gewichte K und L aufzunehmen, und die Waage ist stets im Gleichgewichte, an was für einer Stelle der Querleisten diese Gewichte auch hängen mögen. Das anscheinend Paradoxe bei diesem Apparate liegt blofs darin, dafs man den Unterstützungspunct der Hebelarme in der Säule GH liegend annimmt und zugleich die Entfernung der Angriffspuncte beider Lasten in M und O als ungleich entfernt von den Unterstützungspuncten in E und F betrachtet, da vielmehr wegen der Unbeweglichkeit der Querstangen die Angriffspuncte der Lasten, wo sie auch an den Querstangen angebracht seyn mögen, stets in P und Q, also in gleicher Entfernung von den Unterstützungspuncten, liegen. Auf diese Weise wurde dieses Problem sofort erklärt[2], Bris-

Fig. 86.

1 Journal des Sçav. éd. Amst. 1670. Leupold Theatrum staticum universale p. 59. Tab. XVII. fig. 2 u. 3.

2 Mém. de l'Académie. T. X. p. 343.

son[1] aber zeigte ausführlich nach dem von Cartesius aufgestellten allgemeinen Gesetze des Hebels, dafs alle Theile des Querbalken bei der Bewegung gleiche Räume durchlaufen, mithin sich als gleich lange Hebelarme verhalten, da die von ungleich langen Hebelarmen durchlaufenen Räume ihren Länge direct proportional sind. Später hat Hofmann[2] abermals die Erklärung dieses Problems unternommen, was Langsdorff für eine gröfsere Mühe erklärte, als die Sache verdiene, inzwischen hat auch Gregory[3] dasselbe einer speciellen Erörterung werth erachtet, wobei er den Apparat zugleich für eine Erfindung von Désaguliers[4] ausgiebt.

M.

Wärme.

Wärmestoff, Feuer; *Calor;* Calorique Chaleur, Feu; *Heat.*

1) Wärme nennen wir die physische Ursache einer solchen Beschaffenheit der Körper, vermöge welcher sie in unserem Körper eine gewisse Empfindung erzeugen, wonach sie *warm* heifsen, oder thermoskopische Körper so afficiren, dafs wir auf ihre Anwesenheit daraus schliefsen und zuweilen ihre Intensität danach bestimmen. Erreicht die Wärme einen hohen Grad, so nennen wir sie *Hitze,* und betrachten sie als die Ursache desjenigen Zustandes der Körper, nach welchem wir dieselben *heifs* nennen. Ist sie in den Körpern in geringer Intensität vorhanden, so nennen wir dieselben *kalt*, und bezeichnen die physische Ursache dieses Zustandes durch den Ausdruck *Kälte (Frigus;* Froid; *Coldness*). Eine weitere Bestimmung sonstiger in dieser Beziehung üblicher Bezeichnungen würde überflüssig seyn, da sie als hinreichend bekannt gelten können. Dagegen kommt eine andere Frage sehr in Betrachtung, nämlich ob alle die Erscheinungen, die wir durch

1 Dictionn. rais. de Phys. Art. Levier.

2 Roberval's Waage von Hofmann. 1816. 28 S. 4.

3 Darstellung der mechanischen Wissenschaften. Uebers. von Dietlein. Halle 1824. 8. S. 90.

4 Philos. Trans. N. 419. New Abridgement. T. VI. p. 542.

Digitized by Google

die Ausdrücke Wärme, Hitze, Kälte u. s. w. bezeichnen, nur von einer und der nämlichen Ursache, der Wärme, herrühren, sofern diese vermehrt bis zu den höchsten Graden der Hitze zunehmen, dagegen vermindert bis zu den tiefsten Graden der Kälte abnehmen müfste, oder ob es eine gewisse Grenze, einen gewissen Nullpunct giebt, über welchem Wärme und unter welchem Kälte, beide einander entgegengesetzt und bei ihrer gehörigen Vereinigung sich zu Null ausgleichend, anzunehmen wären[1]. Allerdings pflegt man den Nullpunct der Thermometer als eine solche Grenze zu betrachten, und der Ausdruck: *Grade der Wärme* und *Grade der Kälte*, dessen sich Manche bedienen, ja selbst die mehr wissenschaftliche Bezeichnung von + Graden und — Graden der Thermometer deutet auf einen Uebergang der Wärme zur Kälte, oder mindestens auf ein Vorhandenseyn von Wärme und einen Uebergang vom gänzlichen Mangel derselben zu einer ihr entgegengesetzten Potenz; allein eine genauere Untersuchung der Sache zeigt bald, dafs es nur Wärme von verschiedener Intensität, und keine ihr entgegengesetzte und sie neutralisirende Kälte geben könne, wenngleich der Sprachgebrauch, das Vorhandenseyn weniger Wärme durch den Ausdruck Kälte zu bezeichnen, grofse Bequemlichkeit gewährt. Schon der gemeine Sprachgebrauch deutet darauf hin, dafs keine zwei entgegengesetzte, durch eine eigentliche Grenze geschiedene, Potenzen vorhanden sind, denn die Bestimmungen hierüber sind nicht absolut, sondern relativ, sofern der Eine von Kälte redet, wo der Andere Wärme findet. Der Nullpunct der Thermometer aber ist eine durchaus willkürliche, für die stets gleichmäfsig zu erhaltende Temperatur des schmelzenden Schnees angenommene Bestimmung, die noch obendrein bei den verschiedenen Thermometerscalen ungleiche Werthe hat[2]. Endlich aber, und dieses Argument ist unwiderleglich, gewahren wir

1 Jon. Casp. Müller beweiset in einer eigenen Schrift: Dissert. arad. de Frigore cet. Jen. 1698. 4., dafs es keine für sich bestehende Kälte gebe, sondern dafs alle Erscheinungen (deren Deutung übrigens nicht selten sehr gezwungen ist) aus der ungleichen Menge des vorhandenen Wärmestoffes erklärt werden können. Aus der gesammten Darstellung kann man ersehen, dafs mit Ausnahme des gemeinen Sprachgebrauches, worin unwissenschaftlich Wärme und Kälte unterschieden werden, die Physiker stets nur ein einziges Wesen, nämlich Wärme, annahmen.

2 Vergl. *Thermometer*. S. 882.

Digitized by Google

stets dem Wesen nach gleiche Erscheinungen, welche als Wirkungen einer und derselben Potenz, die wir Wärme nennen, jedoch von sehr ungleicher Intensität, zu betrachten sind. Durch Vermehrung der Wärme schmilzt auf gleiche Weise das erstarrte Quecksilber, als das feste Eisen, heifses Kupfer giebt dem starren Blei Wärme ab und macht es flüssig, gerade auf die nämliche Weise, als wie das letztere Metall Eis zur Flüssigkeit bringt und Eis von seiner Wärme an das erstarrte Quecksilber abgiebt, um dieses in den Zustand der Flüssigkeit zu versetzen. Hierin und in allen andern uns bekannten Phänomenen ist es also stets eine und die nämliche Potenz, welche sich uns als wirksam zeigt, ihre Wirkungen sind einander stets gleich, bis zu wie tiefen Graden der blofs unwissenschaftlich so genannten Kälte wir auch herabgehen mögen, und es ist nicht blofs kein Grund vorhanden, welcher uns anzunehmen berechtigte, dafs es bei noch gröfserer, aufser dem Bereiche unserer Erfahrung liegender, Verminderung der Wärme anders seyn sollte, sondern es würde auch durchaus unwissenschaftlich und den logischen Gesetzen des Denkens widerstreitend seyn, wenn man willkürlich irgend einen Punct festsetzen wollte, wo das, was wir Wärme nennen, aufhören und eine ihr entgegengesetzte Potenz anfangen sollte, zu deren Annahme gar kein Grund vorhanden ist, da sich alle Erscheinungen einfach aus einem Mehr und Minder der vorhandenen Wärme erklären lassen.

A. Wesen der Wärme.

Es scheint zwar der Sache angemessen zu seyn, zuerst die Thatsachen kennen zu lernen, das heifst, diejenigen Erscheinungen zu erörtern, bei denen sich die Wärme thätig zeigt oder die wir als Wirkungen derselben kennen, um aus diesen auf das Wesen der zu untersuchenden Potenz zu schliefsen; allein man hat es zweckmäfsiger gefunden, und der Verfolg der Untersuchungen wird dieses rechtfertigen, zuerst aus allbekannten, keiner nähern Prüfung bedürfenden, Thatsachen hypothetisch zu bestimmen, wofür wir das, was wir Wärme nennen, zu halten haben, und demnächst dieser Hypothese die Erfahrungen anzupassen, um sie auf solche Weise gehörig zu begründen. Diese Methode wollen wir auch hier befolgen, und zuerst untersuchen, was wir als die physische Ursache der Wärme

Digitized by Google

erscheinungen nach überwiegenden Wahrscheinlichkeitsgründen anzunehmen haben[1].

2) Nach Aristoteles und den ältern Philosophen überhaupt war die physische Ursache aller Wärmeerscheinungen das *Feuer* (*Elementarfeuer; Ignis elementaris, materia calorifica;* Feu élémentaire), ein Element, ein feines, ätherartiges Wesen, welches sich am meisten von der schweren körperlichen Masse entfernte. Die Scholastiker wollten daher aus seinen Ausdrücken folgern, er habe das Feuer blofs für eine Qualität, eine *qualitas occulta*, gehalten, was jedoch durch Casatus[2] genügend widerlegt worden ist. Beim Wiedererwachen des Studiums der Natur war man geneigt, die Erscheinungen der Wärme von den Schwingungen der Körperelemente, eigentlicher wohl eines allgemein verbreiteten Aethers, abzuleiten. So ist nach Baco von Verulam[3] die Wärme nichts anders als eine Bewegung der kleinsten Theile der Körper, welche wellenförmig nach aufsen streben, und Cartesius[4] hält dieselbe für die Folge der Bewegung des ersten Elements oder der subtilen Materie. Selbst Newton[5] äufsert sich so, dafs er mindestens die Glühhitze für einen Zustand der Körper zu halten scheint, in welchem sie vermöge schwingender Bewegungen ihrer Theile Licht aussenden. Auch in andern Aeufserungen Newton's, namentlich über die Bildung und Verbreitung des Wasserdampfes, könnte man Grund finden zu schliefsen, dafs er das Feuer oder die Wärme für eine blofse Kraft der Abstofsung gehalten habe und ihr Wesen also auf Schwingungen zurückzuführen geneigt gewesen sey, wenn man aber aus der Hauptstelle, worin er seine Versuche über das Verhalten der Wärme im luftleeren Raume erzählt[6], zu schliefsen sich berechtigt glaubt, dafs er die Meinung Baco's getheilt habe, so kann ich dieses darin

1 Vergl. H. A. Lorenz chemisch-physicalische Untersuchung des Feuers. Kopenh. u. Leipz. 1789.

2 Dissert. physica de Igne. Fr. et Leipz. 1688. p. 117.

3 De forma calidi. In dessen Opp. Amst. 1653. 12. oder Works. Lond. 1778. 5 Voll. 4.

4 Princip. Philos. L. IV. art. 29. §. 80.

5 Optice. ed. Clarke. Lond. 1706. 4. Q. 8; 9; 10. Corpora ultra certum gradum calefacta emittunt lumen et splendent, eaque luminis emissio per motus vibrantes partium suarum efficitur.

6 Optice Lib. III. quaest. XVIII.

Digitized by Google

nicht finden, vielmehr redet er von einem feinen ätherische Fluidum, dünner als die Luft, welches durch seine Schwingun gen sich wirksam zeige. Athanasius Kircher[1] verstan schwerlich sich selbst, wenn er im groben Materialismus da Feuer ein dem Schwefel ähnliches Element nannte, und nich wohl begreiflich sind auch die Ansichten des Rob. Boyle[2] wonach das Feuer eine ponderabele Materie seyn, die Erscheinungen der Wärme aber auf Schwingungen der Körpertheil beruhn sollen. Dafs übrigens Newton eine Wärmemateri angenommen habe, dürfen wir um so weniger bezweifeln, d auch sein Anhänger Christian Wolff[3] ausdrücklich sagt, e gebe eine eigene, überall in den Körpern verbreitete *Materie*, welche die Erscheinungen der Wärme hervorbringe, statt dafs Lomonosow[4] die gesammten Wärmephänomene aus einem *motu gyratorio elementorum corporis* ableitet, wobei er sich vergebens bemüht, die Erzeugung der Kälte durch kaltmachende Mischungen mittelst künstlicher Hypothesen dieser Theorie anzupassen. Einige Gelehrte hielten das Feuer für ein Mittelding zwischen Körper und Kraft, weil sie sich scheuten, die Materialität desselben anzunehmen, zugleich aber die Erscheinungen aus blofsen Bewegungen abzuleiten nicht vermochten. Dieses ist der Fall bei van Helmont[5], schwerlich aber werden die Anhänger der Bewegungstheorie das Argument des Abbé Nollet[6] genügend gefunden haben, dafs jede Bewegung in ihrem Fortgange abnehme, das Feuer aber zunehme, wie ein nur an einer kleinen Stelle angezündeter Holzstofs zeige. Boerhave[7] hat für seine Zeit, wo man die eigentliche Wärme von dem, was im Processe des Brennens bedingend wirkt, noch nicht zu scheiden vermochte, die Erscheinungen sehr gut aufgefafst und aus einem gewissen ätherischen Fluidum mit vielem Scharfsinn erklärt, und auch L. Euler[8], wie sehr er übrigens

1 Mundus subterraneus. Amst. 1665. fol. T. I. lib. IV. sect. I. cap. 2.

2 Historia experimentalis de frigore. Lond. 1665. New experiments and observations touching cold. Works T. II. p. 228.

3 Nützliche Versuche. Th II. Cap. IX. §. 206.

4 Nov. Comm. Petrop. T. I. p. 206.

5 Opera omn. Frf. 1707. 4. p. 120. §. 24.

6 Leçons de Phys. Leç. XIII. sect. 1.

7 De igne. In Elem. Chem. T. I. p. 116.

8 Diss. de Igne. In Recueil des pièces qui ont remporté le prix. 1738.

Anhänger der Cartesischen Schule war, nahm zur Erklärung der Wärmeerscheinungen einen eigenen ätherischen Stoff an. Unter den bedeutenden Autoritäten, deren Ansichten auf die herrschenden Meinungen ihrer Zeit einen entscheidenden Einfluſs ausübten, muſs vorzugsweise Peter van Musschenbroek[1] genannt werden, welcher sich ganz unzweideutig für einen materiellen Wärmestoff ausspricht. Später äuſsert sich dieser Gelehrte auch deutlicher, indem er die Gewichtszunahme verkalkter Metalle als eine Folge des Zutritts der Wärme betrachtet, die hiernach nicht bloſs materiell, sondern zugleich schwer seyn müſste[2]. Indem sich also die angesehensten Gelehrten der damaligen Zeit, als Boerhave, Nollet, L. Euler, Chr. Wolff und Pet. v. Musschenbroek, für einen materiellen Wärmestoff, eine sogenannte Feuermaterie, erklärten, so können wir hieraus schlieſsen, daſs diese Ansicht die damals allgemein herrschende war, wozu sich auch die übrigen bekannten, wenngleich ihre Aeuſserungen hierüber minder deutlich und bestimmt sind. Dahin gehören namentlich Joh. Heinr. Winkler[3], George Martine[4], Wolfg. Kraft[5], Benj. Franklin[6], Joh. Bersh. Bikker[7], Wilh. Hillary[8], R. L. de Herbert[9] und Andere, welche insgesammt später wegen ihrer specielleren Untersuchungen noch erwähnt zu werden verdienen.

3) Die Frage, ob die Ursache der Wärmephänomene eine *materielle Substanz* sey, oder bloſs auf Bewegungen der Bestandtheile der Körper beruhe, war für die Gelehrten des vorigen Jahrhunderts keineswegs so einfach, als gegenwärtig die ähnliche über das Wesen des Lichts ist, oder als jene selbst

---

1 Epitome elementorum physico-mathematicorum. L. Bat. 1726. p. 227. Erga ignis constat ex partibus subtilissimis, quae poros omnium solidorum intrare et penetrare possunt.

2 Introductio. T. II. 1578. p. 632.

3 Dissert. de caussis frigoris et glaciei. Lips. 1737. 4.

4 Medical and philosophical Essays. Lond. 1740. Essais sur la construction et comparaison des thermomètres cet. trad. de l'ang. Par. 1751.

5 Comm. Petrop. T. XIV. p. 218.

6 Phil. Works. 5th ed. p. 351.

7 Dissert. de igne. Ultraj. 1756. 4.

8 The nature and laws of fire. Lond. 1760. 8.

9 Dissertatio de Igne. Vienn. 1773. 8. Vergl. An Inquiry into the effects of Heat. Lond. 1770. 8.

Digitized by Google

sich in späteren Zeiten gestaltet hat, vielmehr wurde sie s schwieriger und in einem hohen Grade verwirrt durch die E führung des ebenso dunkeln als unbestimmten Phlogisto Nach der Mitte des vorletzten Jahrhunderts leitete Joh. Joa Becher[1] die Erscheinungen des Feuers von einem eige Grundstoffe, einer entzündlichen Erde, ab, und seine Nachf ger, namentlich die Chemiker, blieben bei diesem unklaren B griffe stehen, bis im Anfange des vorigen Jahrhunderts Geo Ernst Stahl[2] darzuthun sich bemühte, dafs es ein eige thümliches, an eine zarte Erde gebundenes Feuer gebe, welch er *Phlogiston*, *Brennstoff*, nannte. Dieses Phlogiston sol nach seiner Ansicht an einige, der Verbrennung fähige Kö per gebunden seyn und das Verbrennen derselben daher a einem Freiwerden dieses Stoffes beruhn, anderen Körpern soll es dagegen fehlen, weswegen diese unverbrennlich seyn muf ten. Es ist nicht der Mühe werth, den Gang der Unters chungen zu verfolgen, die man auf die nähere Kenntnifs dies hypothetisch angenommenen und zugleich für so höchst wich tig gehaltenen Stoffes verwandte, vielmehr genügt es blofs i Allgemeinen zu bemerken, dafs sich das Ansehen desselbe erhielt, bis Lavoisier[3] die Nichtigkeit aller zu seiner Unter stützung aufgestellter Argumente nachwies und die hiernac benannte *antiphlogistische Chemie* gründete. Zwar bemüht sich F. A. C. Gren[4] zuletzt noch, die Existenz des Phlogi stons, welches nach ihm aus einer Vereinigung von gebundene Wärme und Licht bestehen sollte, dadurch zu retten, dafs e demselben eine *negative Schwere* beilegte, um zu erklären, war um verbrannte, also ihres Phlogistons beraubte, Körper ein Vermehrung ihres Gewichtes erhielten, allein diese ungenügend Hypothese wurde sehr bald durch J. T. Mayer widerlegt[5]. Während des lange dauernden Streites über das Wesen des Phlogistons und dessen Verhältnifs zum Feuer, letzteres als

1 Oedipus Chemicus. Frcf. 1664.

2 Zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit von dem sogenannten *Sulphure*. Halle 1718. 8. Experimenta observ. animad. CCC. Berol. 1731. 8.

3 Mém. de l'Acad. 1777. Traité élém. de Chimie. Par. 1789. 8.

4 System. Handbuch der ges. Chemie. Halle 1787. 8. Grundrifs der Naturlehre. Halle 1788. 8. §. 749 ff.

5 Vergl. *Schwere*. Bd. VIII. S. 637.

Digitized by Google

Ursache aller Wärmeerscheinungen betrachtet, war es kaum möglich, zu genauen Bestimmungen über das Wesen der Wärme zu gelangen, und es ist daher gegenwärtig sehr schwer, aus den Aeufserungen der damaligen Gelehrten zu entnehmen, ob sie das Phlogiston als feine ätherische Substanz für die Wärme selbst oder nur für einen Träger derselben hielten. Zum Glück hat diese Frage blofs historisches Interesse und es genügt daher vollständig, sie nur aus diesem Gesichtspuncte im Allgemeinen zu betrachten. Ein grofses Ansehn erhielt die von Macquer[1] aufgestellte Hypothese, wonach die Lichtmaterie zugleich die Grundlage der Wärme ist, nachdem sie sich mit dem Phlogiston verbunden hat und dann als eigenthümlicher ätherischer Stoff, Feuer genannt, die Eigenschaft der Repulsion im Streben nach Ausdehnung und Flüssigkeit beibehält, während die an die Körper gebundene Wärme durch Erschütterung und Bewegung der kleinsten Theile frei wird. Als eine Verbindung von Licht und einem feinen Stoffe, entweder dem Phlogiston selbst oder einer Grundlage desselben, so dafs letzteres erst aus der vorausgegangenen Verbindung hervorging, betrachteten Pott[2] und Wallerius[3] das Feuer, Weigel[4] und Beaumé[5] dagegen hielten das Feuer für das ursprüngliche Element, welches nach ihnen die Erscheinungen des Lichts und der Wärme erzeugen sollte, statt dafs Joh. Fr. Meyer[6], so weit sich in seine hochtrabenden und verworrenen Aeufserungen ein Sinn bringen läfst, dasselbe für eine Zusammensetzung von Licht, fetter Säure, Erde und Wasser erklärte. C. W. Scheele[7] glaubte im Lichte ein Wesen gefunden zu haben, welches das Brennen und überhaupt Wärmeerscheinungen hervorbringt, weswegen er dasselbe nicht für einfach halten, son-

1 Dictionnaire de Chymie, contenant la théorie et la pratique de cette science. Paris 1766. 3 T. 12. sec. éd. 4 T. 8. Uebers. von Leonhardi. Leipz. 1781 bis 1783. 6 T. 8. Neue Aufl. 1788 bis 1791. 7 T. 8.

2 Lithogeognosie. Th. I. S. 66.

3 De materiali differentia luminis et ignis. Lips. 1780.

4 Grundrifs der reinen und angewandten Chemie. Greifsw. 1777. 8.

5 Erläuterte Experimentalchemie. Bd. I. S. 132.

6 Chymische Versuche zur näheren Kenntnifs des ungelöschten Kalchs. Hann. u. Leipz. 1764. 8.

7 Chemische Abhandl. von d. Luft und dem Feuer. Ups. u. Leipz. 1777. 8.

Digitized by Google

dern vielmehr als eine Verbindung mit einem elementaren I
baren betrachten wollte. Wie grofses Aufsehen auch L.
SIER's[1] classische Arbeiten erregten, welcher die Nichte
des Phlogistons aus entscheidenden Versuchen folgerte, d
einen eigenthümlichen Stoff als Grundlage aller Erschei
der Wärme und des Lichts annahm, so blieb es doch
geraume Zeit unmöglich, die eingewurzelten Vorurtheil
das einmal eingeführte Phlogiston gänzlich zu beseitigen.
zwischen erklärte sich BÜFFON[2] bestimmt gegen die Ex
des Phlogistons und nahm statt dessen einen eigenen W
stoff an, wie MAHAT[3], welcher aus einer grofsen
mühvoller Versuche folgerte, dafs die von ihm so gen
Feuermaterie oder feurige Flüssigkeit (fluide igné), d
sehr durchsichtigen, zarten, schweren, höchst bewegli
äufserst harten und kugelförmigen Theilchen bestehn
welche in den Körpern durch ihre Bewegung die Erschei
gen der Wärme und Flamme erzeugten, von dem Lichte, dem
giston und der Elektricität wesentlich verschieden sey.
übrigen Folgerungen, welche er hinsichtlich der W
theorie aus seinen Beobachtungen ableitet, sind ganz unha
Ungleich gehaltreicher und werthvoller sind die Leistu
CRAWFORD's[4] im Gebiete der Wärmelehre, wobei er die
WILKE, BLACK und IRWIN angestellten Beobachtungen
nutzte. Sofern aber hier blofs seine Ansichten über das
sen der Wärme in Betrachtung kommen, mufs es auff
dafs er, ungeachtet seiner schätzbaren Versuche, dennoch
Existenz des Phlogistons annahm, nur sollte dieses ein ei
thümlicher Stoff und dem Feuerstoffe entgegengesetzt
so dafs die Anwesenheit des erstern in den Körpern die
nahme des letztern hinderte. Allmälig wurde der Streit

1 Mém. sur la combustion. In Mém. de Par. 1777.

2 Supplém. de l'Hist. Nat. ed. 12. T. II. p. 61.

3 Découverte sur le Feu, l'électricité et la lumière. Par.
8. Uebers. von Weigel. Leipz. 1783, Recherches sur le feu. Par.

4 Experiments and observations on animal heat and the inf
mation of combustible bodies. Lond. 1779. 8. A. CRAWFORD's
u. Beob. über die thier. Wärme und die Entzündung brennbarer
per mit W. MORGAN's Erinnerungen gegen d. Theorie d. Herr
Leipz. 1785. 8. Vergl. LICHTENBERG in ERXLEBEN's Anfangsgr. §.
KARSTEN's Anleitung zur gemeinnützigen Kenntnifs d. Natur. H
1783. 8.

Digitized by Google

sowohl über das eigentliche Wesen des Feuers, sofern es die Grundursache aller Wärmeerscheinungen seyn sollte, als vielmehr über die Existenz des Phlogistons und die Richtigkeit des antiphlogistischen Systems geführt. Hierhin gehören unter andern die Untersuchungen von Kirwan[1] nebst den Einwendungen, die den daraus abgeleiteten Folgerungen von den französischen Gelehrten entgegengesetzt wurden[2], die von Scherer[3] und Andern, so wie von Girtanner[4], welcher in Deutschland zuerst als entschiedenster Gegner des Phlogistons und als Anhänger des in Frankreich mit grofsem Beifall aufgenommenen antiphlogistischen Systems auftrat. Einer der beharrlichsten Gegner dieses letztern war J. A. de Luc[5], welcher bis zu seinem Ende dasselbe durch die Phänomene der Wasserbildung in der Atmosphäre zu widerlegen hoffte. Aufserdem stellte derselbe eine neue Theorie über das Wesen und die Wirkungen des Feuers oder der Wärme auf, die er mit mehr Weitschweifigkeit als Gründlichkeit auf die verschiedenen Erscheinungen anwandte[6]. Im Allgemeinen unterscheidet er Dünste und Luftarten, welche beide aus einem fortleitenden Fluidum (fluide déférent) und einer ponderabelen Grundlage (substance purement grave) bestehn sollen, mit dem Unter-

---

1 Physisch-chemische Schriften. A. d. Engl. von L. Crell. Bd. I. St. I. u. II. Berl. u. Stett. 1785.

2 Essay sur le Phlogistique, traduit de l'Anglais de M. Kirwan avec des notes de MM. de Morveau, Lavoisier et de la Place etc. Par. 1788. Antiphlogistische Anmerkungen des Herrn de Morveau u. s. w., nebst Kirwan's Replik und der Duplik der franz. Chemiker. A. d. Fr. u. Engl. von Dr. Fr. Wolff. Berl. 1791. 8.

3 Scrutinium hypotheseos principii inflammabilis. In Jacquin Collect. T. IV. J. A. Scherer genaue Prüfung der Hypothese vom Brennstoff. A. d. Lat. von K. Bartfeld. Prag 1793. 8.

4 Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl. 1792. 8. S. 462.

5 Gren's Journ. der Physik. Th. VII. S. 105. Journ. de Phys. T. XXXVII. p. 52.

6 Neue Ideen über die Meteorologie. Berl. u. Stett. 1787. 8. Th. I. §. 115 ff. Diese und die übrigen älteren Theorieen findet man zusammengestellt in: Lampadius kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorieen des Feuers u. s. w. Gött. 1793. 8. Ursprünglich findet sich diese Theorie schon in: De Luc Lettres sur l'histoire de la terre et de l'homme. T. V. p. 561. Mit Bemerkungen von Pictet in Leipz. Samml. Th. II. S. 643.

Digitized by Google

schiede, dafs die Dünste durch blofsen Druck eine Tre
dieser beiden Bestandtheile erleiden, die Luftarten aber auf
weit innigern Verbindung derselben beruhn und daher vie
ständiger sind, weswegen sich bei den Dünsten das fe
tende Fluidum von selbst frei macht, um sein Gleichge
wieder herzustellen, dagegen aber der schweren Grundlage
ausdehnende Kraft giebt, vorzüglich wenn es in gröfserer M
darin vorhanden ist. Beim Feuer ist die fortleitende Fl
keit das Licht, die ponderabele Substanz eine gewisse F
materie, welche jedoch für sich allein nicht darstellbar un
her ganz unbekannt ist. Durch die Verbindung mit der F
materie verliert das Licht seine Kraft zu leuchten, ge
dagegen eine andere, nämlich zu wärmen. Ueberschreite
Feuer eine gewisse Dichtigkeit, so trennt sich die Lichtm
von selbst und es erfolgt das Glühen, welches bis zum W
glühen zunimmt, wobei alles Licht von dem zweiten Best
theile getrennt wird. Die Sonnenstrahlen sind demnach
an sich warm, sondern sie erhalten diese Eigenschaft
durch ihre Verbindung mit der in den Körpern enthaltenen Fe
materie[1].

4) Unter die gewiegtesten Gegner der antiphlogistischen Ch
gehört vorzugsweise Dr. Richter[2]. Dieser setzte den aufgeste
Argumenten entgegen, dafs sie nicht unmittelbar aus den Erfah
gen entnommen, sondern aus Folgerungen abgeleitet seyen
denen die Erfahrungen nicht berechtigten. Wenn das Verb
nen der Körper als Folge einer auf einfacher Wahlverwandts
beruhenden Verbindung der verbrennlichen Substanz mit Sa
stoff unter Ausscheidung von Wärme betrachtet werde, so
nüge dieses der Erfahrung nicht, da offenbar eine vierte
tenz, das Licht, sich dabei zeige, wonach also mit weit grö
rer Wahrscheinlichkeit noch eine Materie anzunehmen sey,
mit Wärme verbunden als Licht zum Vorschein komme
welche man nicht wohl mit Wärme für identisch halten kö

---

1 De Luc stützt seine Theorie hauptsächlich auf die durch Pi
angestellten, oben Th. IX. S. 345 erwähnten Versuche. S. De
Lettres sur l'histoire de la Terre et de l'homme. T. V. p. 561. Ve
Leipz. Samml. Th. II. S. 643.

2 Ueber die neueren Gegenstände der Chemie. Bresl. u. Hirs
1793. 8. St. 3.

Digitized by Google

Der Verbrennungsprocefs deute also vielmehr auf eine doppelte Wahlverwandtschaft, sofern man annehmen müsse, dafs die brennbaren Körper aus einer säurefähigen Grundlage und aus Brennstoff oder Phlogiston beständen, welche letztere Substanz mit Wärme verbunden als Licht zum Vorschein komme und deren Existenz sich den Erfahrungen gemäfs ebenso wenig wegleugnen lasse, als die des Wärmestoffes. Mit dieser Hypothese erklärt Richter leicht und consequent alle die vorzüglichsten Erscheinungen, worauf die Antiphlogistiker ihr System gründeten; genau genommen liegt jedoch in seiner Darstellung weit mehr Hypothetisches, als die Gegner sich erlaubten. Letztere blieben bei den einfachen Thatsachen stehen, indem sie nichts weiter als eine nach genau bestimmten quantitativen Verhältnissen statt findende Verbindung des Sauerstoffs mit den säurefähigen Grundlagen annahmen, die gleichzeitig statt findende Ausscheidung oder Erzeugung der Wärme mit oder ohne Entbindung von Licht aber einstweilen unerklärt liefsen oder an eine specielle Untersuchung verwiesen, statt dafs Richter das Vorhandenseyn der Wärme gleichfalls annahm und aufserdem, ganz hypothetisch, einen Brennstoff einschob, so wie den unbegründeten Satz, dafs eine Verbindung desselben mit Wärme die Erzeugung von Licht bedinge, ohne dabei nur nachzuweisen, warum letzteres in so vielen Fällen nicht zum Vorschein kommt.

5) Ungefähr um die Mitte des vorigen Jahrhunderts behandelte Adair Crawford die Wärmephänomene mit gröfserer Ausführlichkeit und bemühte sich, dieselben mehr zu ordnen und auf bestimmte Gesetze zurückzuführen, wobei er zwar vielen Widerspruch fand, inzwischen erhielt sich doch seine Theorie, bis sie in den neuesten Zeiten durch die zahlreichsten Untersuchungen eine veränderte Gestalt angenommen hat oder vielmehr vielfach bedeutend modificirt in ihrer Gesammtheit nicht weiter beachtet wird. Manche Gegner Crawford's haben ihm vorgeworfen, die wichtigsten Versuche, worauf seine Theorie beruht, seyen nicht von ihm selbst, allein dieses hat derselbe auch nie behauptet, ihm gebührt aber dennoch das Verdienst, das Ganze zu einem in sich consequenten Systeme geordnet zu haben. Die Hauptsache bei ihm war eigentlich, die specifische Wärmecapacität der verschiedenen Körper und das Latentwerden des Wärmestoffes genau zu erken-

Digitized by Google

nen, wodurch die sämmtlichen Erscheinungen ganz au
mend modificirt werden. Schon im Winter 1754 ben
DE LUC[1], dafs Thermometer in Eis eingeschlossen, welch
Trinkgläsern langsam schmolz, nicht stiegen, und wurde
durch auf das Latentwerden der Wärme geführt. Wenige
nachher will BLACK[2] von ähnlichen, erst später be
gewordenen, Versuchen in seinen Vorlesungen geredet haben
wifs aber ist, dafs er später mit IRVINE[3] Versuche mit W
und Quecksilber anstellte und dadurch nicht blofs die ung
specifische Wärmecapacität der verschiedenen Körper au
sondern sie auch bei den genannten Substanzen bestim
Diese Thatsachen waren damals, wie auch noch jetzt
triftigsten Beweise eines materiellen Wärmestoffes, welcher
quantitativen Verhältnissen gemessen werden kann und
eben diesen bei verschiedenen Veränderungen gebunden
bei andern wieder frei wird, weswegen auch MARAT[5] be
nen mehr weitschweifigen als gründlichen, auch damals
mancher Berichtigungen bedürfenden Untersuchungen sic
dieser Hypothese bekennt. Am ausführlichsten und gründ
sten aber wurde diese Aufgabe durch WILKE[6] behan
welcher im Jahre 1772 zuerst seine Erfahrungen über das
tentwerden des Wärmestoffes bekannt machte, die er au
auffallenden Erscheinung entnahm, dafs heifses Wasser au
von 0° C. gegossen nicht diejenige Wärme der Mischung
zeugte, die es nach RICHMANN's Regel erhalten mufste,
dern bei gleichen Massen beider Substanzen 72° C. W
verlor, die durch das Schmelzen des Eises latent wu
Durch dieses ihm auffallende Verhalten aufmerksam gem

---

1 Untersuchungen über die Atmosphäre. Th. I. §. 438.

2 Journ. de Phys. Ann. 1773. p. 165. Crell's neueste Entde
gen. Th. IX. S. 218.

3 Chemical Essays.

4 MAGELLAN Essay sur la nouvelle Théorie du feu élémen
et de la chaleur des corps cet. Lond. 1780. 4. J. H. v. Mag
physicalisch-math. Abhandl. vom Jahr 1779 u. 1780. Leipz. 178

5 Sur le Feu, l'électricité et la lumière cet. sec. éd. Par.
8. Ausführlicher in Recherches physiques sur le Feu. Par. 178
Deutsch mit Anm. von WEIGEL. Leipz. 1782.

6 Kongl. Vetensk. Acad. Nya Handl. 1781. T. II. p. 49 ff.
schwed. Abh. Uebers. von KÄSTNER. Th. II. Schwed. Abh.
XXXIV. S. 93.

Digitized by Google

ntersuchte er sofort auch die specifischen Wärmecapacitäten er verschiedenen Körper. Nachdem er nämlich gefunden, dafs ie beim Schmelzen des Schnees latent werdende Wärme 72° ., betrage, wollte er die in den verschiedenen Körpern vorandene Wärme aus der Menge des durch sie geschmolzenen Schnees nach demselben Principe bestimmen, welches nachher Lavoisier und Laplace bei ihrem *Calorimeter* in Anwenung brachten; allein der Schnee verschluckte das geschmolene Wasser, und machte hierdurch eine genaue Messung unöglich, weswegen er in der Folge eiskaltes Wasser nahm, die Wärme mafs, welche die Körper darin erzeugten, hieraus bechnete, wie viel Eis dadurch schmelzen würde, und auf liese Weise indirect die specifische Wärme der Körper bestimmte.

Dieses war bereits vorausgegangen und mochte wohl mindestens grofsentheils zu Crawford's Kenntnifs gelangt seyn, ls dieser im J. 1777 seine Versuche zu Glasgow anstellte und seine allgemein bekannt gewordene und viel Aufsehn erregende Theorie darauf gründete. Sie wurde in ihren wesentlichsten Elementen zuerst bekannt durch eine kürzere Schrift[1], die nachher in einer zweiten Auflage[2] verschiedene Erweiterungen erhielt. Am meisten diente zur Verbreitung derselben eine kurze Darstellung, die J. G. Magellan[3] davon lieferte, und die meistens sehr unerheblichen Einwendungen, welche Morgan[4] dagegen aufstellte, konnten den Beifall nicht vermindern, welchen sie sehr allgemein erhielt. Bei allen in der damaligen und der nächstfolgenden Zeit über diesen Gegenstand erschienenen Werken und Abhandlungen, namentlich von Scopoli und Volta[5],

1 Experiments and observations on animal Heat and the inflammation of combustible bodies cet. Lond. 1778.

2 A. Crawford's Experiments and observations on animal Heat and the inflammation of combustible bodies. Lond. 1788. 8. Uebers. von Crell. Leipz. 1789. 8.

3 Essay sur la nouvelle Théorie du feu élémentaire et de la chaleur des corps. Lond. 1780. 4. Versuch über die neue Theorie vom Elementarfeuer und der Wärme der Körper. Leipz. 1782. 8.

4 An examination of Dr. Crawford's Theorie of Heat and combustion. Lond. 1781. Adair Crawford's Versuche und Beob. u. s. w. mit W. Morgan's Erinnerungen wider die Theorie des Herrn Crawford. Leipz. 1785. 8.

5 Crell's neueste Entdeckungen in der Chymie. Th. XII. S. 1 ff.

Soycourt[1], C. R. Hopson[2], Leop. Vacca Berlinghier Marsigli Landriani[4], Du Tasta la Serre[5], Giovacch Carradori[6], Franz Xaver Baader[7], Joseph Weber[8] vielen Andern[9], wurde diese Theorie berücksichtigt und Ganzen mit Beifall aufgenommen, wenngleich andere Gele Zweifel dagegen erhoben, wie namentlich Gren[10], zum T um das beliebte Phlogiston zu retten oder es der neuen Th rie aufzudringen, noch andere aber, wie namentlich Licht berg[11] und Joh. Tob. Mayer[12], sie in einer durch rich Würdigung der zum Grunde liegenden und später aufgefun nen Thatsachen modificirten Gestalt darstellten.

Eine vollständige Mittheilung der *Crawford'schen The* würde jetzt nicht mehr von genügendem Interesse seyn, un ist daher hinreichend, nur die Hauptelemente anzugeben. H nach heifst Hitze oder Feuer die physische Ursache aller Erscheinungen, die wir jetzt als Folgen der Wärme betrach und wenngleich nicht ausdrücklich gesagt wird, dafs d Ursache materiell sey, so liegt dieses doch entschieden ge in der ganzen Darstellung, um jeden Zweifel dagegen ab

---

Auch in Macquer's chemischem Wörterbuche. Ital. Ausgabe. Calore.

1 Ueber die Versuche zum Beweise einer latenten Wärme. d. Franz. Quedlinb. 1790.

2 An Essay on Fire. Lond. 1781. 8.

3 Esame della Teoria del Calore del celebre Inglese Crawf cet. Pisa 1787. 4.

4 Opusc. fisico-chem. p. 81.

5 La Théorie du feu avec son application au corps hum Avignon 1788.

6 La Teoria del Calore. Firenze 1787. 2 T.

7 Vom Wärmestoff, seiner Vertheilung, Bindung und Entb dung u. s. w. Wien u. Leipz. 1786. 4.

8 Ueber das Feuer. Landsh. 1783. 8.

9 Abhandlungen über d. Wärme. In Crell's neuesten Entdeck gen. Th. XII. Vergl. Karsten's Anleitung zur gemeinnützigen Ke nifs der Natur. Halle 1783. S. 601.

10 Dessen Journal d. Physik. Th. I. S. 1 ff.

11 J. C. P. Erxleben Anfangsgründe d. Naturlehre. 6te Aufl. 1 S. 432.

12 Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. 1791. Hierin ist dieser Gegenstand am ausführlichsten und gründli sten behandelt.

Digitized by Google

schneiden. Diese Hitze, an sich betrachtet und ohne Rücksicht auf die durch sie erzeugten Veränderungen in den Körpern, nennt Crawford *absolute Hitze* (absolute Heat), in Beziehung auf die Wirkungen aber, die sie erzeugt und durch die sie gemessen wird, heifst sie ihm *relative Hitze* (relative Heat). Die letztere zeigt sich unter drei Modificationen, zuerst als solche, die empfunden wird (*sensible Heat*), dann als solche, die das Volumen der Körper vermehrt, somit also durch das Thermometer gemessen werden kann (*Temperature of Heat*), und endlich als solche, die bei gleichen Massen und Temperaturen der Körper dennoch eine verschiedene Quantität vorhandener absolnter Wärme voraussetzt (*comparative Heat*), wonach die Körper eine ungleiche Capacität der Wärme haben. Eine blofse Uebersicht dieser Sätze ergiebt bald, dafs man alle Erscheinungen der freien, relativen (nach Wilke besser specifischen) und latenten Wärme leicht auf dieselben zurückbringen kann.

6) Die Untersuchungen über das Verhalten der Wärme, so wie auch das Wesen und die Modificationen derselben, wurden zu jener Zeit mit denen über den Sauerstoff als Bedingung des Verbrennens, der thierischen Wärme und des Keimens der Gewächse verschmolzen, wobei aber allezeit ein materieller Wärmestoff angenommen wurde und nur das Bestreben vorherrschte, die verschiedenen Erscheinungen dieser Hypothese anzupassen. Lichtenberg[1], damals unzweifelhaft eine grofse Autorität, erklärt sich hierüber ohne Rückhalt, indem er mifsbilligend bemerkt, dafs Crawford eine entschiedene Beantwortung zu umgehen suche, obgleich seine Meinung darüber nicht zweifelhaft sey, er selbst es aber für besser halte, die Behauptung über die wirkliche Existenz eines materiellen Wärmestoffes bestimmt auszusprechen. Nicht grofsen Beifall fand die in das ganze Gebiet der Naturlehre tief eingreifende Theorie, welche J. H. Voigt[2] aufstellte, wonach unter den allen Körpern und deren Veränderungen zum Grunde liegenden 12 einfachen und für sich bestehenden Stoffen zwei zum Brennen, einer für das Licht, zwei für die Elektricität und zwei

1 Erxleben's Naturlehre. 6te Aufl. S. 434.

2 Versuch einer neuen Theorie des Feuers u. s. w. Jena 1793. Vergl. Gren's neues Journ. Th. III. S. 235.

für den Magnetismus gehören, wobei er das Phlogiston u gewissen Modificationen zu retten sucht und als den einen, den Erscheinungen der Wärme thätigen Bestandtheil annim Es verlohnt sich nicht der Mühe, diese Hypothese ausführlic zu prüfen, inzwischen geht aus dem hier Mitgetheilten so hervor, dafs auf jeden Fall die Mehrheit der Physiker, bis Ende des vorigen Jahrhunderts, die Wärmephänomene auf nen gewissen materiellen Grundstoff zurückzuführen bem war, denn auch PICTET[1], ein in diesem Zweige als classi geltender Schriftsteller, erklärt die Ursache der Wärmephä mene für einen materiellen Stoff, den man am besten durch französische Wort *Calorique* bezeichnen könne.

7) Die in diese letztere Zeit fallenden Versuche und d auf gebaueten Schlüsse des Colonel BENJAMIN THOMPSON, nac herigen Grafen RUMFORD, bilden einen wichtigen Abschnitt der Geschichte der Meinungen über das Wesen der Wärm Seine schon im J. 1778 angestellten bekannten Versuche üb die Kraft des Schiefspulvers[2] führten ihn zu der Wahrne mung, dafs ein Schufs ohne Kugel das Geschütz stärker e wärmt, als mit derselben, und da man gerade das Gegenth erwarten sollte, sofern das Fortschleudern der Kugel in Fol ihres Widerstandes das heifse Gas eine längere Zeit im Lau zurückhält, so beschlofs er, das Wesen und das Verhalten d Wärme einer näheren Untersuchung zu unterwerfen, und zw um so mehr, je weniger er die beobachtete Erscheinung mit d Hypothese eines *Calorique* in Einklang zu bringen wufste. seinen Untersuchungen über die specifische Wärmecapacität d Körper unterbrochen, und da diese unterdefs durch WILKE a genügende Weise angestellt worden waren, wandte er sich zunäch zu dem Problem, die Gesetze des Durchganges der Wärme dur den leeren und erfüllten Raum auszumitteln[3]. Einen weiter wichtigen Beitrag zur Begründung seiner Wärmetheorie en nahm RUMFORD aus den Resultaten der im grofsen Mafsstab angestellten Versuche über die Hitze, welche in geriebene

1 Versuch über das Feuer. Aus d. Franz. Tüb. 1790. §. 8.

2 Philos. Trans. T. LXXI. Philosophical Papers. Lond. 180 Mémoires sur la Chaleur. Par. Ann. XIII. (1804.)

3 New Experiments upon Heat. Lond. 1786. Philos. Trans. LXXVI. u. LXXXIII. Gren Journ. Th. VII. S. 245.

Digitized by Google

Körpern erzeugt wird[1]. Er bediente sich hierbei der unter seiner Aufsicht stehenden Kanonenbohrmaschine zu München und wählte zum geriebenen Körper einen sogenannten *verlorenen Kopf*[2] von einem Sechspfünder. Hieraus liefs er einen 9,8 Z. langen, 7,75 Z. dicken Cylinder drehen, diesen alsdann mit einem gewöhnlichen Bohrer 7,2 Z. tief und 3,7 Z. weit ausbohren, während er durch einen kleinen Hals mit der Kanone zusammenhing, und also mit letzterer zugleich in horizontaler Lage um ihre gemeinschaftliche Axe gedreht werden konnte. In die Oeffnung wurde dann ein absichtlich stumpf gemachter Stahlbohrer gebracht, der sie fast genau ausfüllte, und indem dieser zur Verstärkung der Friction einen Druck von etwa 10000 Pfund ausübte, machte die Kanone 32 Umdrehungen um ihre Axe in einer Minute. Der hohle Metallcylinder hatte eine Masse von 385,75 engl. Kubikzoll und wog 113,13 engl. Pfund; in seiner Seite war ein 4,2 Z. tiefes Loch eingebohrt, um ein Thermometer zum Messen der Temperatur einzusenken. Nach 30 Minuten und 960 Umdrehungen war die Wärme von 15°,6 C. bis 54°,5 C. vermehrt und die 837 Gran abgeriebener schuppiger Metallspähne zeigten keine Spur von Oxydirung, auch nahm die Wärme bei Fortsetzung der Versuche fortwährend ohne ein Versiegen ihrer Quelle zu. Ebendieses Resultat gab ein zweiter Versuch, bei welchem um die vierkantige eiserne Stange des Bohrers ein die Mündung des hohlen Cylinders genau verschliefsender Cylinder gelegt war, damit der äufsern Luft der Zutritt zur innern Höhlung abgeschnitten würde. Noch interessanter war das Resultat eines dritten Versuches, wobei der Bohrapparat sich in einem mit Wasser gefüllten hölzernen Kasten befand, durch dessen eine Seitenwand das Verbindungsstück, welches den hohlen Cylinder an der Kanone festhielt, wasserdicht hindurchging. Die Menge des Wassers betrug 18,77 Pfund, und es stieg nach einer Stunde von 15°,6

1 Philos. Trans. 1798. P. I. p. 80 ff. Journ. de Phys. T. XLVII. p. 24. Experimental Essays. Ess. IX. In diesen nach und nach erschienenen Essays finden sich die sämmtlichen hierher gehörigen Untersuchungen Rumford's. Die gesammten XV Essays machen 3 Bde.

2 So nennt man ein massives Metallstück, welches an der Mündung der Kanone, damit diese nicht porös wird, angegossen und nachher weggesägt zu werden pflegt.

Digitized by Google

C. auf 41°,7, nach 1,5 Stunden auf 60°,6, nach 2 Stunden a 81°, nach 2 Stunden 20 Min. auf 93°,4, und fing nach 2,5 Stu den an zu sieden[1]. Als nachher bei der Wiederholung dies Versuches der Stopfer, welcher die Oeffnung des Cylinde verschlofs, weggenommen, und dem Wasser freier Zutritt das Innere des Cylinders gestattet wurde, änderte dieses d Resultat nicht wesentlich. Rumford argumentirte daher, d hierbei entstandene Wärme könne nicht aus den wenigen Boh spähnen, noch aus dem Wasser entwickelt, auch nicht dur die eiserne Bohrstange oder den kleinen Hals an der Kano zugeleitet worden seyn, indem diese Theile vielmehr stets Wärm abführten, und da aufserdem die Quelle der Wärme nie versieg so müsse man es aufgeben, sie für ein materielles Wesen z halten, und sie vielmehr als eine blofse Bewegung betrachte Man soll demnach die Erzeugung der Wärme mit der d Schalles vergleichen, sofern eine geschlagene Campane anhal tend tönt. Berthollet[2] erklärte sich gegen diese Folgerunge und leitete die entstandene Wärme aus einer Zusammendrückun des Metalles ab, wodurch aber so viel Wärme entbunden werd als welche im Stande seyn würde, das Volumen des geriebe nen Körpers um ebenso viel zu vergröfsern, als es durch da Reiben vermöge des starken Druckes vermindert wurde, un eine leichte Berechnung ergiebt, dafs die hierzu erforderlich Erhöhung der Temperatur leicht die wahrgenommenen Erschei nungen hervorbringen konnte, allein Rumford setzt dieser Ar gumentation entgegen, dafs dann die Wärme durch den ange wandten Druck plötzlich im Maximum erzeugt worden seyn müfst und mit noch mehrerem Grunde, dafs dann die Wärmequelle nich unerschöpflich seyn könne. Wäre die Reibung so lange fortge setzt worden, um die gesammte Metallmasse von 113,13 Pfund i Spähne zu verwandeln, so würde dadurch eine Wärmemeng erzeugt worden seyn, genügend um mit Rücksicht auf die spec Wärme 46165 Pfund des Metalles vom Frostpuncte bis zum Siedepuncte zu erwärmen oder auch eine sechzehnmal so grofs

---

1 Die Menge der erzeugten Wärme wächst mit der Geschwin digkeit der Reibung und der Stärke des Druckes; bei diesem Ver suche setzt sie Rumford derjenigen gleich, welche neun brennend Wachskerzen geben. S. Mémoires. p. XXXVI.

2 Essay de Chimie statique. Par. 1803.

Digitized by Google

Metallmasse zu schmelzen, als welche beim Versuche in Anwendung gebracht wurde.

Bald nachher, im Jahre 1800, wiederholte Rumford zu Edinburg in Gemeinschaft mit Hope, Playfair und Struvart die bekannten Versuche von Pictet mit Hohlspiegeln, in deren Brennpuncten sich Eis und ein Thermometer befanden, und glaubte auch hierbei die Erzeugung der Wärme ganz ähnlich der eines Tones zu finden. Nach Beendigung der Versuche über die Erregung der Wärme durch die Sonnenstrahlen, welche demnächst zu erwähnen sind, wandte sich Rumford im Jahre 1803 zur Untersuchung des Ausstrahlungsvermögens verschiedener Oberflächen, und zeigte im folgenden Jahre zu Paris die Resultate derselben den Mitgliedern des Instituts, um damit die Hypothese von der Existenz eines Wärmestoffes gänzlich zu widerlegen[1]. Mit Uebergehung der demnächst näher zu erörternden Versuche verdient hier blofs bemerkt zu werden, dafs in Gemäfsheit aller dieser Untersuchungen Rumford die gesammten Wärmephänomene auf Strahlungen zurückführen wollte und diesemnach sowohl *Wärme*- als auch *Kältestrahlen* (Rayons calorifiques et frigorifiques) annahm, beide den Schallwellen ähnlich, und zwar so, dafs sich diese Strahlen von gröfserer oder geringerer Intensität so von einander unterscheiden, als diejenigen, welche einem höhern oder tiefern Tone zugehören, eine Vergleichung, die auf jeden Fall unzulässig ist, sofern sich bei den Schallwellen wohl ein Unterschied, aber kein eigentlicher Gegensatz findet, wie bei der Annahme von Wärme- und Kältestrahlen nothwendig gestattet werden müfste.

8) Nicht viel später als Rumford trat ein anderer, in der Folge so berühmt gewordener Gelehrter als Vertheidiger der Vibrationstheorie oder vielmehr als Gegner eines eigenthümlichen Wärmestoffes auf. Humphry Davy eröffnete seine gelehrte Laufbahn mit einer Abhandlung über das Wesen der Wärme und des Lichts[2], worin er die Materialität des Lichtes zu erweisen, die der Wärme aber zu widerlegen bemüht war.

---

1 Vergl. G. XVII. 33 u. 218.

2 Essay on Heat, Light and the Combinations of Light. In Contributions to physical and medical knowledge, collected by Th. Beddoes. Bristol 1799. T. I. p. 1.

Digitized by Google

Berücksichtigen wir zunächst nur seine Ansichten über
Wesen der Wärme, so gehn diese von der, hauptsächlich
La Place vertheidigten, Hypothese eines Conflictes zwei
allen Körpern thätigen Kräfte aus, einer anziehenden und
abstofsenden, die durch ihren Gegensatz den beharrenden
stand eines bleibenden Gleichgewichts (*équilibre stable*) e
gen. Indem aber alle Körper durch Wärme ausgedehnt
den, und zwar so ziemlich den Zunahmen derselben propo
nal, so soll dieses zu dem Schlusse führen, dafs eben
Wärme dasjenige Etwas sey, wovon die Repulsion in de
terie herrührt. Nehme man einen Wärmestoff als Ursach
Repulsion an, so sey damit nicht nachgewiesen, woher
selbe diese Eigenschaft erhalte, und es werde dabei unlo
die Repulsion und Elasticität durch Repulsion und Elast
erklärt.

Sicher waren es nicht sowohl diese allzuwenig haltbaren
retischen Gründe, welche H. Davy bewogen, die Materialit
Wärme zu bestreiten, als vielmehr die erwähnten Ver
Rumford's, die er selbst zum Theil mit einigen Modificati
wiederholte und wobei er argumentirte, dafs nach der H
these eines materiellen Wärmestoffes der Ursprung der dad
erzeugten Hitze auf keine Weise aufzufinden sey, weil v
eine verminderte Wärmecapacität, noch eine Art der Verb
nung durch Aufnahme des umgebenden Sauerstoffgases,
auch eine Zuleitung von andern Körpern dabei statt finde.
seinen Versuchen wurde Eis an Eis gerieben und dadurch
Schmelzen gebracht, indem zugleich das dadurch erha
Wasser ungeachtet seiner gröfseren Wärmecapacität doch
erhöhete Temperatur zeigte. Ein eigens construirter A
rat diente dazu, um unter einen exantlirten, durch ei
Tropfen vorher hineingebrachtes, im Vacuum verdampfe
Wasser völlig luftleer gemachten Recipienten ein metall
Rad an einem Metallblech reiben zu lassen. Um die let
Spuren des als Ursache der Erwärmung von den Antiphl
stikern betrachteten Sauerstoffgases der etwa zurückbleibe
atmosphärischen Luft wegzuschaffen, war der Recipient vorher
Kohlensäure gefüllt und während der Reibung mit Eis umg
worden, damit keine Wärme von aufsen eindränge; die erzeu
Wachs zum Schmelzen bringende Wärme war also aus
0,5 ℔. betragenden Metalle entwickelt, woraus folgt, dafs

Digitized by Google

kein materieller Stoff seyn könne, sondern von einer besondern Bewegung der Körpertheilchen herrühren müsse.

Wegen der grofsen Celebrität, welche H. Davy später erlangt hat, ist es wohl der Mühe werth, die Hauptsätze seiner Wärmetheorie kurz zu erwähnen, die zwar unter sich Zusammenhang haben, dennoch aber einigen Zwang und manche Inconsequenzen nicht verkennen lassen. Wärme ist nach ihm die Kraft, welche die durch Attraction bedingte innige Berührung der Körperelemente hindert, und die Empfindung derselben, so wie ihres Gegentheils, der Kälte, besteht in einer eigenen Art von Bewegung, wahrscheinlich einer Vibration der kleinsten Körpertheile, die mit Grunde *repulsive Bewegung* genannt werden kann. Wenn diese letztere aber der planetarischen Centrifugalkraft analog seyn soll, wie die Attraction der Centripetalkraft, so ersieht man hieraus, dafs bei der Hypothese eine hinlänglich scharfe Bestimmung der Begriffe fehlte. Leicht war es übrigens, wenn man es mit dem innern nothwendigen Zusammenhange zwischen Ursache und Wirkung nicht sehr genau nimmt, eine Menge Thatsachen mit anscheinender Consequenz an sie zu knüpfen. So folgt der verschiedene Aggregatzustand der Körper von selbst aus der ungleichen Wirksamkeit der beiden Kräfte, beim Lichte aber soll die Repulsion so sehr überwiegend seyn, dafs ohne mefsbaren Einfluss der Attraction die Theilchen sich mit der gröfsten Schnelligkeit und ins Unendliche von einander trennen, was *repulsive Projection* genannt wird. Die Uebergänge aus einem Aggregatzustande in einen andern beruhn auf einer Veränderung des gegenseitigen Verhältnisses der beiden Grundkräfte, deren eine, die Repulsion, erregt oder vermehrt wird 1) durch Reiben oder Stofsen, wobei die mechanische Bewegung, welche die Massen bei ihrem Aneinanderreiben verlieren, in repulsive Kraft verwandelt wird; 2) durch die Bewegung chemischer Verbindungen und 3) durch Mittheilung repulsiver Bewegung von benachbarten Körpern. Alle aus dem verschiedenen Verhalten der Wärme folgende Erscheinungen, unter denen man jedoch gerade die entscheidendste, nämlich die des latenten Wärmestoffes vermifst, fügen sich dann leicht der Hypothese, sobald man die angenommene Bewegung als eine wirkliche, quantitativ wachsende und abnehmende Gröfse betrachtet, mithin ihr unvermerkt die Wesenheit der Materialität unterschiebt. Vorzugsweise findet

Digitized by Google

Davy die Annahme eines Wärmestoffs am absurdesten, wen die Verpuffungen daraus erklärt werden sollen, denn namen lich beim Schiefspulver müfsten die Wärmecapacitäten des Ka des Azotes und der Kohlensäure geringer seyn, als die d Kohle und des Salpeters, um die Entbindung der Wärme z erklären, da doch seine Versuche hierüber gerade das Gege theil ergäben.

9) Allerdings giebt es verschiedene, demnächst näher z untersuchende und zu würdigende Wärmephänomene, welch aus der Annahme eines eigenthümlichen Stoffes noch keines wegs hinlänglich erklärt worden sind und sich einer Erklärun aus diesem Principe auf keine Weise fügen, sobald man dab nichts weiter, als eine Vertheilung und ein Uebergehn nac quantitativen Verhältnissen mit Rücksicht auf die verschiedene Capacitäten der Körper zum Grunde legt; allein alle die verschiedenen Phänomene aus blofser Bewegung abzuleiten, wie durch Davy und noch neuerdings durch Mohr[1] mit specieller und allerdings sinnreicher Anwendung auf die einzelnen Erscheinungen geschehen ist, heifst im Grunde nicht mehr, als etwas Unbekanntes auf ein unbekanntes, dem eigentlichen Begriffe nach keineswegs genau bestimmtes Wort zurückführen. Soll zuerst, wie dieses durch Davy mindestens angedeutet wird, die Wärme eine repulsive, der Anziehung entgegenwirkende Kraft seyn, so liegen hierbei durchaus unklare Begriffe zum Grunde. Die Anziehung, deren Aeufserungen wir bei allem Materiellen wahrnehmen, ist der Materie allgemein eigen, sie ist eine ihr angehörige, stets wirksame Kraft, welcher zwar entgegengewirkt und die eben hierdurch geschwächt und gänzlich überwunden werden kann, die aber dennoch niemals weder zu seyn noch zu wirken aufhört, und die daher, mit Rücksicht auf ihre anscheinende Ungleichheit bei den verschiedenen Stoffen, an sich und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit stets die nämliche, also im eigentlichen Sinne eine stetig wirkende Kraft ist. Sollte ihr eine andere gleiche, aber entgegengesetzte Kraft entgegenwir-

1 Baumgartner's und v. Holger's Zeitschr. Th. V. S. 419. Auch Bordenave betrachtet die Wärme als Folge der Bewegung der Körperelemente. S. Journ. de Phys. T. IV. p. 104. Verschiedene Andere, die dieser Ansicht huldigen, liefsen sich gleichfalls noch namhaft machen.

Digitized by Google

ken, so würden beide sich in der hieraus erwachsenden Differenz ausgleichen; es würde nur diese letztere bleiben, und die mannigfaltigen Veränderungen und Wechsel, die wir durch die Wärme erzeugt sehn, ständen ohne allen genügenden Grund da[1], denn die Abstofsung müfste gleichfalls eine stetig wirkende Kraft seyn, und es wäre aufserdem eine *petitio principii*, die Aeufserungen derselben als durch die Empfindung wahrnehmbar anzunehmen. Abstrahirt man hiervon, und will man die Wärmephänomene auf Bewegung zurückführen, wozu meistens das Verhalten des Schalles und des Lichts Veranlassung geben, so wird hierbei sogleich im Eingange übersehn, dafs eine solche Bewegung nothwendig eine Ursache haben mufs, welche nach allgemeinen mechanischen Principien der Wirkung proportional seyn, aufserdem aber allmälig abnehmen und zuletzt aufhören mufs, was dann der Erfahrung zuwider den absoluten Nullpunct der Wärme herbeiführen müfste, es sey denn, dafs man mit Cartesius eine von Ewigkeit gegebene und stets fortdauernde, nach dem jederzeitigen Bedürfnifs einer Erklärung als vermehrt oder vermindert vorausgesetzte Bewegung annehmen wollte. Noch ungleich gröfsere Schwierigkeiten zeigen sich aber, wenn man auf Einzelnheiten eingeht. Leicht vorstellbar ist, dafs die Schwingungen des Lichtäthers ein so feines Organ, wie den Gesichtsnerv afficiren und die Undulationen fester, flüssiger oder expandirter Körper in dem zarten Gehörorgane eine Empfindung erzeugen, dafs aber die an sich gar nicht wahrnehmbare Bewegung, durch die chemische Verbindung des Wasserstoffgases mit Sauerstoffgas im Knallgasgebläse erzeugt, die mit so grofser Gewalt zusammenhängenden Theile des Eisens, Platins und anderer Metalle in so starke Bewegung setzen sollte, als zum Umhersprühen und Verflüchtigen derselben erfordert wird, ist ohne Widerrede nicht vorstellbar. Ferner aber ist es offenbar nicht genügend, zur Erklärung der einzelnen Phänomene sich blofs des Wortes Bewegung zu bedienen, sondern es müfste nothwendig für jedes besondere Verhalten die eigenthümliche Art der Bewegung und der innere Zusammenhang zwischen der speciell modificirten Bewegung und der ihr zugehörigen Wirkung auf gleiche Weise nachgewiesen werden, als dieses bei den Schall- und Licht-

1 Vergl. Art. *Abstofsung*. Bd. I. S. 120.

wellen nach der Undulationstheorie geschehn ist. Endlich h ben wir für die optischen Erscheinungen ein materielles Su stratum, den Lichtäther, und wollten wir für die Wärmeph nomene ein ähnliches Medium annehmen, so wäre damit Existenz eines materiellen Wärmestoffes zugestanden.

10) Diese unüberwindliche Schwierigkeit haben alle die jenigen gefühlt, welche sich eben deswegen gegen die Zulässig keit der Vibrationstheorie erklärten. Murray[1] sagt daher, d Ausdehnung der Körper kann nicht durch eine oscillatorisch Bewegung erzeugt werden, welche blofs wechselnde Verdich tungen und Verdünnungen voraussetzt. Ebenso wenig ist d bleibende Zustand der Aggregatform der Körper, wenn w diese als durch Bewegung erzeugt annehmen wollten, mit die ser Ansicht vereinbar, namentlich wenn man berücksichtig dafs das Wasser bei seiner Verwandlung in Dampf ein 1800 mal gröfseres Volumen erhält. Auch die Verbreitung der Wär me durch die Körper steht mit der Vibrationstheorie im Wi derspruche, indem hiernach ihr Fortgang durch elastische Kör per momentan seyn und überhaupt bei allen Körpern in ei nem gewissen Verhältnisse zur Elasticität derselben stehn müfste Hauptsächlich aber läfst sich die Langsamkeit ihres Fortganges in den verschiedenen Körpern auf keine Weise damit in Ein klang bringen, die Erscheinungen der specifischen und latenten Wärme nicht zu erwähnen.

11) Wie entscheidend diese Argumente auch sind, so ist doch auf der andern Seite nicht zu verkennen, dafs die Quelle der Wärme, die bei Rumford's und Davy's Versuchen durch Reiben entwickelt wurde, sich auf keine Weise mit innerer Wahrscheinlichkeit auffinden läfst, und alle gewiegte Physiker erkennen diese grofse Schwierigkeit unverhohlen an. Wir wollen statt vieler Anderer nur den gelehrten Thomas Young[2] hierüber hören. Nach seiner Ansicht ist die Wärme, die durch das Abschaben der wenigen Metallspähne bei Rumford's Versuchen erzeugt wurde, so unermefslich grofs, dafs es als unmöglich erscheinen mufs, sie für einen eigentlichen Stoff zu halten. Rumford fand die Wärmecapacität der abgeriebenen

1 System of Chemistry. 3d ed. T. I. p. 463.
2 Lectures on natural Philosophy. Lond. 1807. 4. T. I. p. 653.

Spähne nicht geringer, als die des soliden Metalls[1], angenommen aber, sie sey um $\frac{1}{12}$ geringer geworden (wodurch also $\frac{1}{12}$ ihrer absoluten Wärme ausgeschieden wäre), so hätte dieses Zwölftel 33000 Grade Centes., und die gesammte Wärme der Spähne vom absoluten Nullpuncte bis zum Eispuncte ungefähr 396000 Grade betragen müssen. Dalton[2] findet diese Argumentation ungenügend; der Unterschied der Wärmecapacität sey nur, wie er meint, wegen Mangelhaftigkeit der Versuche nicht aufgefunden worden, die Wärme habe ihren Ursprung nicht blofs aus den Spähnen, sondern aus der gesammten Masse des Metalls, und der absolute Nullpunct müsse weit tiefer liegen, als man annehme. Young dagegen führt an, dafs 1 ℔. Salpeter ungefähr 0,5 ℔. trockne Salpetersäure enthält, deren specifische Wärme ungefähr halb so grofs, als die des Wassers ist, und 1 ℔. Salpeter enthält daher nur $\frac{1}{4}$ so viel Wärme, als 1 ℔. Wasser. Dennoch aber fanden Lavoisier und Laplace, dafs 1 ℔. mit Kohle verbrennender Salpeter eine Hitze erzeugte, die 12 ℔. Eis zu schmelzen vermochte, folglich würde 1 ℔. trockne Salpetersäure 24 ℔. Eis zu schmelzen vermögen. Angenommen, dafs beim Processe des Verbrennens die entwickelten Gase nicht mehr Wärme verschluckten, als die Kohle hergab, so folgt, dafs 1 ℔. Wasser so viele Wärme besitzen müsse, als 48 ℔. Eis zu schmelzen erfordert werden, d. h. 3734 Cent. Grade. Gesetzt aber, man wollte wirklich eine solche Menge latenter Wärme in den verbrennenden Körpern voraussetzen (oder den absoluten Nullpunct als so tief liegend annehmen), so ist die Erzeugung der Wärme durch Reiben, wobei die geriebenen Körper, namentlich in Davy's Versuchen das Eis, keine Zersetzung oder Veränderung erleiden, auch dann durchaus unerklärbar. Young schliefst demnach, dafs die Wärme kein materielles Etwas seyn kann, wenn sie beim Reiben aus dem Nichts erzeugt wird; auch könne man sie nicht für eine der Attraction entgegengesetzte repulsive Kraft halten, weil sonst die Elasticität fester und flüssiger Körper durch ihre Vermehrung wachsen müfste. Als mate-

1 Bei einem Versuche wurden 4145 Gran Spähne abgerieben und 26,58 ℔. Wasser zum Sieden gebracht.

2 Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Uebers. von Wolff. Th. I. S. 113.

Digitized by Google

rielles Wesen könne sie nicht nach allen Seiten hin ausstr
len, auch müfsten ihre Theile bei der Concentration im Fo
einander so nahe kommen, dafs sie von der geradlinigen B
abweichen würden. Diesemnach setzt er die Wärme in Schw
gungen, ähnlich denen des Lichts und des Schalles. Die An
logie zwischen Licht und Wärme scheint ihm auch daraus h
vorzugehn, dafs die ungleichen Lichtstrahlen zugleich versch
dene erwärmende Kraft haben, bis zu der Grenze hin, v
welcher an die Lichtstrahlen für das Auge nicht mehr empfin
bar sind, wohl aber als Wärmestrahlen noch wahrgenomm
werden. Auch zwischen den Schallwellen und den Wärm
strahlen findet er grofse Aehnlichkeit und geht hierin so we
dafs er meint, die Wellen, welche ein vibrirender, ins Wass
getauchter Schenkel einer Stimmgabel zeige, geben ein *Bild* d
Dampfbildung.

12) So lange man sich, wie auch hier durch Young ge
schieht, mit allgemeinen Analogieen begnügt, läfst sich die
Hypothese aufstellen, sobald man aber die Begriffe scharf auf
zufassen sucht, zeigt sie sich als ganz unhaltbar. Die Analo
gie mit dem Lichte fällt zuerst ganz weg; denn wir haben da
bei allerdings Undulationen, aber eines Lichtäthers, eines mate
riellen Fluidums, und wenn wir ein solches auch den Wärme
phänomenen zum Grunde legen, so ist damit der verlangte
Wärmestoff schon zugestanden. Die Bewegungen in den
Schallwellen würde man sicher Bedenken tragen als ein Ana
logon der Wärmephänomene anzuführen, wenn man überlegen
wollte, dafs diese in nichts anderem, als in regelmäfsigen Stöfsen
(Pulsationen) bestehen, die im höchsten Grade verfeinert den
Schlägen eines Rammklotzes gegen einen Pfahl vergleichbar
sind. Beide Analogieen verschwinden aber oder zeigen sich
als unhaltbar, sobald man die Theorie der Wellen auf die Er
scheinungen der latenten Wärme anwendet, wobei ein die Wär
mephänomene gebendes Etwas in genauen quantitativen Ver
hältnissen gebunden und nach willkürlich langer Zeit wieder
frei wird. Obgleich jede Welle aus einem Positiven und ei
nem Negativen, einem Wellenberge und Wellenthale, einer
Verdichtung und Verdünnung besteht, so ist dennoch eine ab
solut und allein negative Welle ein durchaus unfafslicher Be
griff, und es lassen sich daher weder die Erscheinungen der
Wärme, noch auch die der *Elektricität* und des *Magnetismus*

Digitized by Google

auf blofse Wellenbewegung, ohne materielles Substrat, zurückführen; die beiden letzteren Potenzen schon deswegen nicht, weil sie aus einem Positiven und einem Negativen (des vorhandenen Gegensatzes wegen) bestehn, deren jedes wieder Wellenberge und Wellenthäler erfordern würde. Das Aufhören der Wellenbewegung bedingt nothwendig das Aufhören der Erscheinungen, wie dieses auch beim Schalle und beim Lichte der Fall ist, das Aufhören der hypothetischen Wärmevibrationen müfste daher den Eintritt des absoluten Nullpunctes zur Folge haben, die bleibende Ausdehnung der Körper bei mittleren Temperaturen müfste daher aus ewig dauernden Vibrationen erklärt werden, die Bindung der Wärme wäre dann eine Verminderung dieser Vibrationen mit Aenderung des Aggregatzustandes der Körper, wofür weder die Licht- noch die Schallwellen ein Analogon darbieten; aber dafs demnächst nach willkürlichen Zeiträumen die Vibrationen mit mefsbar gleichen quantitativen Gröfsen wieder zum Vorschein kommen sollten, dieses ist schwerlich überall vorstellbar.

13) Gegen diese, in der That unüberwindlichen Schwierigkeiten müssen diejenigen als verschwindend erscheinen, welche aus der allerdings räthselhaften Erzeugung der Wärme durch Reibung hervorgehn, obgleich noch niemand die eigentliche Quelle derselben genügend nachzuweisen vermochte. William Henry[1] hat es übernommen, die aus der Wärmeerzeugung durch Reiben abgeleiteten Argumente gegen einen materiellen Wärmestoff zu widerlegen. Zuerst findet er den Beweis unzulässig, dafs bei Davy's Versuchen zu der im Vacuum geriebenen Scheibe keine Wärme von aufsen zugeführt worden sey, denn dieselbe könne auch den leeren Raum durchdringen und demjenigen Körper zugeführt werden, der zu ihrer Aufnahme disponirt sey. Bei Rumford's Versuchen war der Bohrer mit Wasser umgeben und alle Luft abgehalten; die Wärme konnte daher nur durch den Bohrer zugeführt werden. Eine Ungereimtheit will Henry darin nicht finden, dafs ein Körper zugleich Wärme anziehe und wieder abgebe, wie in beiden Versuchsreihen der Fall war; allein dafs ein solches Verhalten, wenn auch nicht absolut unzulässig, doch auf jeden Fall nicht

1 Mem. of the Society of Manchester. T. V. P. 2. Lond. 1802.

ungezwungen vorstellbar sey, unterliegt wohl keinem Zweif
Dafs die Wärme nicht aus den geriebenen Körpern entstand
sey, folgerte Davy aus dem Schmelzen geriebener Eisstück
indem diese sonst so viele Wärme hätten verlieren müssen,
aus ihnen entbunden wurde, Rumford aber fand, dafs
specifische Wärme abgeschabter Metalltheile der des massiv
Metalls gleich sey, und auch diese konnten daher die erzeug
Wärme nicht abgeben. Die Einwendungen, welche Hess
hiergegen macht, können nur dazu dienen, die Argumente
schwächen, keineswegs aber sie ganz zu entkräften. Es läf
sich allerdings dagegen anführen, dafs unsere Thermometer n
die relativen, keineswegs aber die absoluten Wärmemengen a
geben, und dafs wir zwar Mittel zur Bestimmung der verschi
denen Wärmecapacitäten und zur Nachweisung des Latentwe
dens der Wärme haben, aber keine, die zur Ausmittelung d
absoluten Wärmemengen genügen, wodurch dann allerdings d
Schlufs, es könne eine so bedeutende Menge Wärme durc
Reiben aus den Körpern nicht entbunden werden, wankend ge
macht wird. Allein es läfst sich dennoch nicht verkenne
dafs die Auffindung der eigentlichen Quelle, die unaufhörlic
bei fortgesetztem Reiben eine so prodigiös scheinende Wärme
menge hergiebt, und die Nachweisung der Aetiologie einer sol
chen Production im höchsten Grade schwierig ist, sobald ma
nach der Hypothese eines materiellen Wärmestoffes blofs da
Quantitative desselben berücksichtigt.

Dagegen erklärt sich Henry als Anhänger eines materiel
len Wärmestoffes aus mehreren, nach seiner Ansicht entschei
denden Gründen. Zuerst erweitert die Wärme den Raum an
derer Körper und mufs daher selbst einen Raum einnehme
oder ausgedehnt seyn, woraus dann ihre Undurchdringlichkei
von selbst folgt. Ein Gewicht derselben ist zwar durch di
Versuche von Büffon, Whitehurst, Fordyce, Pictet un
Rumford nicht gefunden worden, aber damit die Nichtmaterialit
tät derselben ebenso wenig erwiesen, als für den Lichtstoff durc
ein gleiches Verhalten desselben. Auf jeden Fall zeigt zweiten
die Wärme chemische Wirkungen und mufs daher materiel
seyn. 1) Die charakteristischen Kennzeichen der Wärme ver
schwinden, sobald sie Formänderung in andern Körpern her
vorgebracht hat. 2) Hierbei ist eine gewisse Wahlverwandt
schaft unverkennbar, indem sich in hoher Temperatur di

Digitized by Google

Wärme nur mit dem einen Antheile der Metalloxyde verbindet und diesen abscheidet, auch bei einigen Stoffen frei, bei andern gebunden wird. 3) Bei einigen Stoffen wirkt die Wärme durch doppelte Wahlverwandtschaft, z. B. bei der Zersetzung des Wassers durch Eisen. 4) Die Wärme dient zuweilen als Aneignungsmittel, z. B. bei der Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, die nur in grofser Hitze erfolgt. Henry sucht dann zugleich darzuthun, dafs die Capacität der Wärme nach Crawford's Theorie von ihrer Verwandtschaft verschieden sey, wie aus der Dampfbildung aus Aether hervorgeht, indem er diese auf die chemische Affinität der Wärme zum Aether zurückführt, die daher so stark verschluckt wird, dafs dadurch beträchtliche Erkältung entsteht. Somit hat also die Wärme alle Qualitäten der Materie, aufser der Schwere, und wir sind daher berechtigt, sie für eine Materie eigenthümlicher Art zu halten. Hierfür entscheidet namentlich auch der Umstand, dafs Bewegung ohne etwas Materielles unstatthaft ist, und da nach Rumford die Wärme durch die Torricelli'sche Leere dringt, in welcher nichts vorhanden ist, was die Wärme fortpflanzen könnte, so mufs die Wärme selbst etwas Materielles seyn.

Wären hierbei die Prämissen vollständig begründet, dafs die Wärme den leeren Raum wirklich durchdringt, in der Torricelli'schen Leere aber überall nichts Materielles vorhanden ist, dann wäre dieses Argument unwiderleglich begründet; allein namentlich die Abwesenheit aller Materie in der Torricelli'schen Leere dürfte mit siegreichen Waffen angegriffen werden und aufserdem könnten die Gegner sich durch die Annahme helfen, dafs die den leeren Raum einschliefsende Hülle die Bewegung fortpflanze. Wir werden auf diesen Gegenstand später wieder zurückkommen.

14) Berthollet[1], durch die vielen Gründe für einen materiellen Wärmestoff bewogen, erklärt sich gegen Rumford's Folgerungen und leitet die erzeugte Wärme aus der Compression der geriebenen Körper ab, ohne jedoch die Resultate der §. 11 mitgetheilten, dieses sehr unwahrscheinlich machenden Berechnung gehörig zu widerlegen. Einen schätzbaren Beitrag zu den Untersuchungen über Wärmeentbindung durch Reiben

1 Statique chimique. T. I. p. 247.

hat aber HALDAT[1] geliefert, welcher verschiedene Meta
ungleichen Geschwindigkeiten, mit gröfserem und geri
Drucke, mit rauher und glatter Oberfläche, mehr oder w
gegen Wärmeleitung geschützt, auch elektrisch isolirt od
tend mit der Erde verbunden, an einander rieb. Die
resultate, welche aus zehn Versuchen hervorgehn, w
allerdings die eigentliche Aufgabe nicht gelöst wurde, si
fser der Bestätigung der unerwartet grofsen, durch Reib
zeugten Menge von Wärme hauptsächlich folgende. Die
tität der Wärme hängt nicht von der Dichtigkeit der
ab; denn Blei gab nicht mehr Wärme, als Kupfer, und
Metalle gaben weniger als Zink. Die Rauhheit der geri
Fläche zeigte keinen vermehrenden Einflufs, vielmehr w
erzeugte Wärmemenge in einem Versuche, wobei der r
Körper nach Art einer Feile eingeschnitten wurde und
abrieb, um die Hälfte geringer, als wenn dieselben
bei gleicher Geschwindigkeit und gleichem Drucke, anf
glatt durch das Reiben selbst Politur erhielten. Hierau
man mit Recht folgern, dafs die in RUMFORD's Versuch
geriebenen Spähne die erzeugte Wärme nicht hergaben.
Vermehrung des Druckes wuchs dagegen die Menge de
vorgebrachten Wärme bedeutend, denn in zwei übrigens
chen Experimenten erzeugte der Druck von 40 Kilogr
6mal so viel Wärme, als von 10 Kilogrammen[2]. E
scheint hervorzugehn, dafs die Wärme aus den Körpern
Compression derselben ausgeschieden werde, allein hie
streitet das Resultat eines Versuches, in welchem ein M
draht durch starke Hammerschläge Bandform erhielt. Sein
cifisches Gewicht war dadurch nicht so viel verändert,
die hydrostatische Waage den Unterschied anzeigte, doch
schieden seine vermehrte Elasticität und Sprödigkeit für
gröfserte Dichtigkeit, allein die dadurch erzeugte Wärmen
soweit der Versuch eine mefsbare Vergleichung gestattete,
geringer als die durch Reibung hervorgerufene. Dieses
tat findet HALDAT nicht mit Unrecht so bedeutend, d

1 Journal de Phys. T. LXV. p. 213.

2 Es wäre wohl der Mühe werth, durch neue Versuche
Art das Verhältnifs des vermehrten Druckes zu den erzeugten
memengen auszumitteln.

Digitized by Google

meint, man könne kaum umhin, der Hypothese Rumford's beizupflichten, wenn nicht die Argumente für einen materiellen Wärmestoff allzugewichtig wären, weswegen eine endliche Entscheidung der eigentlichen Frage noch zur Zeit, und bis neue Versuche die Summe der Thatsachen vermehrten, unzulässig sey. Wolle man die Wärme aus der Compression ableiten, so bleibe dunkel, warum geriebene elastische Metalle, z. B. Zink, bei ihrer W[illegible]derausdehnung nicht gleiche Quantitäten Wärme verschmerzten. Würde die Wärme durch Reiben ausgeschieden, so sey damit noch nicht ausgemacht, ob sie aus den geriebenen oder aus den umgebenden Körpern ihren Ursprung erhalte. Im ersten Falle müfste sie der Dichtigkeit umgekehrt proportional seyn (?) und sich erschöpfen, im zweiten müfste die leichtere Zuleitung einen Einfluſs ausüben, was jedoch gegen seine eigenen und die früheren Versuche streite. Wolle man aber die Wärmequelle in Vibrationen suchen, so müfste ihre Menge durch Condensation abnehmen, und sich vorzüglich ein gewisses Verhältnifs zur Dichtigkeit und hauptsächlich zur Elasticität der geriebenen Metalle zeigen. Sonach genüge weder die eine noch die andere Hypothese, um die obwaltenden Zweifel zu lösen.

15) Die bisher genannten Anhänger der Undulationstheorie verwerfen jede Art der Materialität des Wärmestoffes, indem sie auch das Vorhandenseyn eines die Erscheinungen erzeugenden und bedingenden Aethers in Abrede stellen. Hiernach dürften sie eigentlich die Phänomene der Wärme nicht mit denen des Lichts in Parallele stellen, indem diese letzteren von den Undulationen eines unleugbar materiellen Lichtäthers abhängen, sondern sie könnten allein mit denen des Schalles verglichen werden. Zu den Vertheidigern dieser Ansicht, wonach also die Wärmeerscheinungen blofs aus Bewegungen derjenigen Körper bestehn, bei denen dieselben wahrgenommen werden, gehört auch Paulsen[1], welcher das gesammte Verhalten der Wärme auf ursprüngliche oder mitgetheilte Bewegung der Körpertheilchen zurückführt, jedoch mit minder scharfer Auffassung der Thatsachen, als diese durch Mohr mitgetheilt ist, wie oben bereits erwähnt wurde. Es scheint mir daher noch weniger geeignet, die von ihm gegen die Materialität der

[1] De caloris theoria, qua vibrationis vel motus systema contra systema materiale defenditur. Gott. 1821.

Wärme aufgestellten und für die von ihm vertheidigte Ansi
beigebrachten Gründe hier einzeln zu prüfen, weil das Ga
darauf hinausläuft, der Wärme die Materialität abzusprech
weil ihr die Schwere, Ausdehnung und Undurchdringlichk
fehlt, die Ursache der Wärmephänomene dagegen in eine
genthümliche Bewegung der Körpertheile zu setzen und di
Bewegung nach der Verschiedenheit der Wärmephänom
verschieden modificirt zu nennen. Wesentlich verschieden
dieser Hypothese ist eine ihr insofern ähnliche, als da
gleichfalls die Materialität der Wärme in Abrede gestellt w
Nach Wünsch[1] soll es eine *positive* Wärme geben, die
einer positiv oscillirenden Ausdehnung der Körpertheilchen
ruht, so wie eine *negative*, die nichts weiter als eine oscil
rende Zusammenziehung der sinnlich wahrnehmbaren Mat
seyn soll. Um dieses zu begreifen, soll man nur den Satz
Augen haben, dafs die bald gröfsere, bald kleinere Ausdehnu
der in mancherlei Art verschiedenen Materien, welche zu ein
lei Wärmeenergie gehört, von der bald stärkeren, bald schw
cheren Cohäsion und Gravitation ihrer Theile abhängt; all
dafs die Cohäsion der Ausdehnung direct oder umgekehrt p
portional seyn solle, streitet gegen die Erfahrung, und e
Verschiedenheit der Gravitation gegen den erwiesenen Satz, d
alle Materie gleich schwer ist.

16) Es lafst sich sehr sachgemäfs eine Theorie hier a
reihen, welche gleichfalls Undulationen annimmt, aber modi
cirte, und diese genauer bestimmt, ohne sich mit der bloſs
Bezeichnung der Phänomene durch das Wort Bewegung
begnügen. Ampère gab diese Hypothese zuerst in ihren allg
meineren Umrissen[2], führte sie aber nachher weiter au
Hiernach erklärt er sich dahin, dafs zuerst die sogenannte stra
lende Wärme sich in ihrem Verhalten dem des Lichtes ga
gleich zeige und daher auch auf ähnliche Vibrationen zurüc
geführt werden könne, dafs aber ein merklicher Unterschi
hervortrete, wenn die Wärme von dem heifsern Ende ei
Körpers sich an das kältere begebe, denn statt einer Welle
bewegung, wobei die undulirende Flüssigkeit im Augenbli

1 G. XXVI. 337.

2 Bibliothèque univ. 1832. T. XLIX. p. 225.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. LVIII. p. 432. Lond. and Edi
Phil. Mag. N. XLI. p. 342.

Digitized by Google

des Fortschreitens der Welle unbewegt bleibe, habe man eine gradatim fortschreitende Bewegung, indem die ursprünglich heifsere Stelle zwar erkalte, aber stets wärmer bleibe, als die Theile, denen sie Wärme mittheile. Weil jedoch ein Körper, an der einen Stelle durch die Sonnenstrahlen erhitzt, seine Wärme den übrigen Theilen zuführe, so könne man das Licht und die Wärme dieser Strahlen nicht aus Wellenbewegungen ableiten, ohne zuzugestehn, dafs auch die Verbreitung der Wärme im Körper durch Undulationen geschehe; ein Schlufs, dessen Gültigkeit nicht sofort einleuchten dürfte. Ampère unterscheidet, was auch im Allgemeinen wichtig ist, bisher aber noch keineswegs ausgebreiteten Beifall gefunden hat, rücksichtlich der Zusammensetzung der Körper *Partikeln*, *Molecüle* und *Atome*. Die Theilchen (particules) haben ihrer Kleinheit ungeachtet die Aggregatform der Körper, zu denen sie gehören, sind also starr, tropfbar-flüssig oder gasförmig, und bestehn aus Molecülen, die in gewissen Abständen von einander gehalten werden: 1) durch die den Atomen eigenthümlichen attractiven und repulsiven Kräfte, sofern sie ihre Wirkung bis zu derjenigen Entfernung erstrecken, in welcher die Molecüle zu Partikelchen vereinigt sind, 2) durch die Repulsion, welche die Vibrationen des zwischen den Partikelchen befindlichen Aethers erzeugen, und 3) durch die der Materie eigenthümliche Attraction. Die Molecüle sind dann ferner eine Verbindung von Atomen und werden durch die den Atomen eigenthümlichen attractiven und repulsiven Kräfte zusammengehalten. Letztere sind so überwiegend stark, dafs dagegen die der Molecüle als fast unmerklich erscheinen können. Atome endlich sind materielle, mit attractiven und repulsiven Kräften versehene Puncte. Hieraus folgt, dafs die Molecüle ihrem Wesen nach fest sind, wie auch die Aggregatform des Körpers seyn mag, wozu sie gehören, und dafs sie Polyeder bilden, an deren Spitzen sich Atome oder eine gewisse Anzahl Atome befinden und welche von den Krystallographen primitive Gestalten der Körper genannt werden. Der Uebergang der Körper in den verschiedenen Aggregatzustand besteht in weiter nichts, als in einem verschiedenen Abstande ihrer Molecüle von einander, wobei ihre anziehenden und abstofsenden Kräfte zum Gleichgewicht kommen, beim Uebergange zur Festigkeit aus dem tropfbar-flüssigen Zustande vereinigen sich jedoch mehrere Molecüle zu zusammen-

Digitized by Google

gesetzteren. Durch mechanische Mittel können blofs die Partikeln getrennt werden, die aus den Vibrationen der Atome entstehende Kraft vermag die zusammengesetztern Molecüle eines festen Körpers in einfachere, wie sie in tropfbar-flüssigen und gasförmigen Körpern vorhanden sind, zu zerlegen und die chemischen Kräfte vermögen auch diese letztern zu trennen.[1] Dafs die Atome keiner weitern Theilung fähig sind, liegt in der Natur der Sache.

Ampère unterscheidet dann Vibrationen der Molecüle und der Atome. Die erstern bestehen aus Näherungen und Entfernungen der Molecüle, die letztern finden ohne Unterbrechung statt, indem die Atome sich stets abwechselnd einander nähern oder von einander entfernen, ohne aufzuhören, dem nämlichen Molecüle anzugehören. Zu den erstern gehören die Schallschwingungen, die letztern erzeugen für sich und vermöge ihrer Fortpflanzung durch den Aether die Erscheinungen des Lichts und der Wärme. Da keine Vibrationen ohne den Zustand des stabilen Gleichgewichts zwischen anziehenden und abstofsenden Kräften statt finden können, so setzen die Vibrationen der Atome diese gleichfalls voraus, und zugleich mufs bei verändertem Abstande die Repulsivkraft schneller wachsen und abnehmen, als die Attractivkraft; auch könnten beide Kräfte als eine einzige gedacht werden, deren mathematischer Ausdruck entgegengesetzte Zeichen haben müfste. Besteht aber die Wärme aus solchen Vibrationen der Atome, so kann sie nicht mit der hierzu nothwendigen Repulsivkraft identisch seyn.

17) Wie man auch diese Theorie eines berühmten Gelehrten würdigen mag, so steht ihr auf jeden Fall entgegen, dafs sie durchaus willkürlich ist und einer ursprünglich festen Basis ermangelt. Eben diese Willkür in Aufstellung neuer Hülfshypothesen gewahrt man auch bei den Anwendungen derselben auf die einzelnen Phänomene. Da die Wärme in den Körpern stets vorhanden ist, so müfste man schon im voraus eine von Ewigkeit her bestehende unausgesetzte Bewegung statuiren, ohne dafs die beiden Kräfte sich jemals zu einer ruhen-

1 Dieser Satz hängt mit einem anderweitig bekannten, aber auch von Ampère in Ann. des Mines 1814 aufgestellten zusammen, dafs nämlich in gleichen Volumen verschiedener Gasarten unter gleichem Druck und bei gleicher Temperatur gleiche Mengen von Molecülen enthalten sind.

Digitized by Google

en Mittelkraft vereinigten, wozu wir in der Natur kein Ana-
gon finden. Ampère nimmt dann zweierlei Vibrationen an,
uerst wenn die (dunkle) Wärme sich in den Körpern bewegt,
nd zweitens die strahlende Wärme, welche nach seiner Mei-
ung nicht vom Lichte unterscheidbar ist, indem das Licht aus
o häufigen und intensiven Wellen besteht, dafs diese die Feuch-
igkeiten des Auges zu durchdringen vermögen, so wie die
Wärme der Glühhitze solche Körper, als Wasser, Glas u. s. w.,
urchdringt, die für die dunkle Wärme undurchdringlich sind.
Wir werden noch öfter Gelegenheit haben, auf das Verhältnifs
wischen Licht und Wärme zurückzukommen, welche nament-
ch auch Biot dem Wesen nach für identisch hält, wollen
ber hier nur vorläufig bemerken, dafs auch die dunkle Wärme
trahlt, der Unterschied der Intensität zwischen Weifsglühhitze
nd dunkler Wärme aber bei weitem so grofs nicht ist, als
wischen dem hellsten Sonnenlichte und dem schwächsten,
em in völliger Dunkelheit sehr reizbaren Auge noch wahr-
ehmbaren Scheine phosphorescirender Körper, und dennoch
at das Licht in allen seinen Abstufungen die nämlichen, blofs
n Intensität verschiedenen Eigenschaften, so dafs man nicht
üglich begreift, wie die Wärme, zuerst mit Licht identisch,
ohne nachweisbaren Grund in ein anderes Wesen von durch-
aus verschiedenem Verhalten übergehen sollte. Ampère ver-
gleicht übrigens das verschiedene Verhalten der Wärmewellen
mit dem des Schalles, wobei dem Wesen nach die Wellen der
strahlenden Wärme denen des Schalles ganz ähnlich, die der
in Körpern fortgehenden aber solchen Schallwellen ähnlich seyn
sollen, die entstehen würden, wenn die Vibrationen mehrerer
sehr nahe bei einander befindlicher und auch wohl in eine
Hülle eingeschlossener tönender Körper sich wechselseitig be-
dingten und durch die eingeschlossene Hülle bedingt würden.

18) Die Hypothesen der eigentlich so genannten *Natur-philosophen*, wie sie in den beiden ersten Decennien dieses Jahrhunderts aufgestellt wurden, übergehe ich mit Stillschwei-
gen, weil sie in allzu allgemeinen Ausdrücken abgefafst sind,
als dafs sie den Erscheinungen im Einzelnen genau angepafst
und hierdurch geprüft werden könnten; Erwähnung verdient
jedoch eine Ansicht, welche aus einigen Lehrsätzen Kant's
entnommen eine geraume Zeit lang viele Anhänger erhielt.
Der mit Recht gefeierte Königsberger Philosoph glaubte bewie-

Digitized by Google

sen zu haben[1], dafs die Materie selbst, und zwar ihrem Wese nach und in Beziehung auf ihre Existenz, durch zwei Kräft die Dehnkraft und Ziehkraft, bedingt, gleichsam erst gegebe werde. Aufser dem Aufsehen, welches diese neue Lehre b den Physikern erregte, mochte wohl die sofort nachfolgend Bekanntwerdung der erwähnten Versuche Rumford's un Davy's dazu mitwirken, die bis dahin ziemlich allgemein her schende Ansicht von der Materialität der Wärme und des Lich tes in Zweifel zu ziehn, und da der Reformator der bis dahi gangbar gewesenen philosophischen Systeme von den specula tiven Philosophen so allgemein gepriesen wurde, die gleichsa wetteiferten, sich in ihrem Lobe zu überbieten, so glaubte viele, namentlich jüngere Physiker, durch Auffindung der beide entgegenwirkenden Grundkräfte sey die schwierige Aufgab über das Wesen der Materie und die letzten Gründe aller Er scheinungen in der Körperwelt endlich gelöset; wobei jedoch nicht zu übersehen ist, dafs diese Ansicht blofs in Deutschlan Vertreter fand. Es würde überflüssig seyn, die grofse Zah der Anhänger dieser sogenannten *dynamischen Theorie* de Naturerscheinungen aufzuzählen, und es wird daher genügen, nur F. Hildebrandt[2] zu nennen, welcher diese Hypothese auf die gesammte Naturlehre anzuwenden versuchte. Hiernach existirt keine materielle Grundlage weder des Lichts noch de Wärme, sondern „die Dehnkraft, welche in ihrem freien Zu„stande uns als Licht erscheint, kann, in der Sphäre ihrer Ver„breitung Körper antreffend, von der Materie aufgehalten und „angenommen werden, mit ihr sich verbinden und an ihr haf„ten. In diesem Zustande bewirkt sie das, welches wir Wärme „nennen. Die Wärme ist demnach die an der Materie schon „haftende Dehnkraft, in ihrem Ursprunge mit dem Lichte „identisch, aber in ihrem Zustande von dem Lichte wesentlich „verschieden."

Es ist in der That unbegreiflich, wie die deutschen Physiker, bei ihren sonst nicht unbegründeten Ansprüchen auf den Credit des Scharfsinns, sich eine so auffallende *petitio principii*

1 Vergl. Art. *Materie*. Bd. VI. S. 1410.

2 Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlang. 1807. 8. Speciell S. 533. Vergl. Alex. Nicol. Scherer Bemerkungen über die Natur des Wärme- und Lichtstoffs. In: Nachträge zu den Grundzügen der neuern chem. Theorie. Jena 1796. 8.

Digitized by Google

erlauben und eine Kraft ohne materielles Substratum, eine reine Dehnkraft, die im Lichte sich als bewegend zeigen sollte, in das Gebiet der Naturlehre einführen, das Wesen der Wärme aber in eine Verbindung dieser reinen Kraft mit der Materie setzen konnten, ohne nach dem Grunde und den Gesetzen dieser Verbindung zu fragen, gleichsam als sey es nur ein Act willkürlicher Laune, entweder der Dehnkraft, sich mit der Materie, oder der letzteren, sich mit der ersteren zu verbinden. Inzwischen wuchsen auf diesem Felde einer allzufreien Speculation die vielen auf ein Wechselspiel willkürlich angenommener Kräfte gegründeten Hypothesen namentlich über das Wesen der sogenannten unwägbaren Potenzen, von denen blofs Oersted's[1] Theorie der Wärme hier erwähnt werden möge. Dieser durch seine glänzende Entdeckung des Elektromagnetismus später so berühmt gewordene Gelehrte glaubte, dafs Winterl's Speculationen zur Enthüllung der verborgenen Naturgeheimnisse führen könnten, und versuchte es daher, die gegebenen Andeutungen weiter zu entwickeln. Hiernach nahm er statt der bis dahin so hoch gestellten Kantischen Grundkräfte[2] zwei andere an, die *Brennkraft* und *Zündkraft*, die sich einander aufheben und daher entgegengesetzt seyn sollten. Diese betrachtete er als die letzten chemischen und selbst auch mechanischen Kräfte, mithin als die *allgemeinen Grundkräfte* der Körperwelt. Mit besonderer Rücksicht auf die elektrische Leitungsfähigkeit der Körper, und von dem, vermittelst Kinnersley's sogenannten Luftthermometers früher durch die englischen Physiker aufgefundenen, nach neuern Versuchen wohl noch zweifelhaften, Gesetze ausgehend, dafs die Elektricität in Körpern, welche sie vollkommen leiten, gar keine Wärme entwickele, betrachtet er die Wärme als einen innern Wechselkampf der entgegengesetzten Kräfte, indem sie nur dann hervortritt, wenn das Gleichgewicht in jedem Puncte des Körpers gestört ist, aber so, dafs es zu keiner sinnlich erkennbaren Trennung der Kräfte ge-

1 Ansicht der chemischen Naturgesetze. Berl. 1812. 8. S. 81. 114. Vergl. *Elektricität* Bd. III. S. 369. G. LXXII. 139.

2 Schon früher als Kant betrachtete Knight die *Dehnkraft* und *Zichkraft* als allen Erscheinungen der Körperwelt zum Grunde liegend in seinem Werke: Attempt to demonstrate, that all the phenomena in nature may be explained by two simple principles, attraction and repulsion. Lond. 1748.

Digitized by Google

kommen ist. Diese Kräfte müssen aber die eigentlichen Grundkräfte der körperlichen Natur ausmachen, weil sie unerschöpflich sind, sofern die Fähigkeit, durch Vertheilung Elektricität zu erhalten und zu leiten, so wie auch durch Stofs und Druck Wärme zu entwickeln, ohne Aufhören fortdauert.

19) Aus diesen, in solcher Allgemeinheit und Unbestimmtheit aufgestellten Kräften lassen sich dann leicht die einzelnen Wirkungen der Wärme, dafs sie ausdehnt, allen Körpern eigen ist, fortgeleitet wird, den Zustand der Flüssigkeit und Dampfform erzeugt, durch chemische Verbindungen frei wird u. s. w., ableiten, was jedoch im Einzelnen hier mitzutheilen zweckwidrig seyn würde. Zur Begründung und Erläuterung führt Oersted Thatsachen an, die bei dem unermefslichen vorhandenen Schatze aufzufinden einem so kenntnifsreichen Gelehrten nicht schwer werden konnte. Gegenwärtig hat sich inzwischen der Zustand der gesammten Naturforschung so wesentlich geändert, namentlich wohl, mindestens vorzugsweise, durch Auffindung der optischen Gesetze, dafs es keiner ausführlichen Widerlegung dieser Theorie bedarf. Kaum einige Aufmerksamkeit aber verdienen einige sonstige Hypothesen, von denen es wohl nicht zu hart geurtheilt ist, wenn man sagt, dafs sie auf blofsen Worten ohne scharf bestimmten Sinn beruhn. Dahin gehört die durch v. Arnim[1] aufgestellte, wonach die Wärme blofse Ausdehnung seyn soll, so wie die von Bunzen[2], welcher die Wärme durch Vereinigung eines Positiven und Negativen entstehen läfst und für nichts anderes als einen Indifferenzprocefs hält, endlich hauptsächlich die kaum zu entziffernden Aeufserungen Sertürner's[3].

Bei weitem die meisten und man darf wohl sagen die gewiegtesten Physiker nehmen einen materiellen, obwohl höchst feinen, ätherischen Wärmestoff an, welcher in gewissen quantitativen Verhältnissen in den Körpern vorhanden ist und durch diese seine blofse Anwesenheit, aufserdem aber durch seinen Uebergang von einem Körper zum andern, die bekannten Wärmeerscheinungen hervorbringt, die man aus dieser Hypothese zu erklären und grofsentheils durch mathematische Ausdrücke scharf

1 G. V. 57. Dessen Theorie d. el. Erscheinungen. S. 93.

2 Beitrag zu einer künftigen Physiologie. Kopenh. 1805. S. 103. G. XXV. 147.

3 G. LXIV. 80.

Digitized by Google

zu bestimmen gesucht hat. Schon die Annahme eines absoluten Nullpunctes zur Bezeichnung der Abwesenheit aller Wärme ist, genau genommen, nur mit dieser Hypothese verträglich, sofern dabei ein gewisses Quantitatives als statt findend vorausgesetzt wird. Unter den vielen Autoritäten nur die wichtigsten zu nennen würde überflüssig seyn, da sie bei den später zu erörternden, ganz auf diese Hypothese gebauten, Untersuchungen vorkommen müssen. Es wird daher genügen, blofs einige Hauptmomente zu bezeichnen.

20) Die Anhänger der Hypothese eines vorhandenen Wärmestoffes lassen sich füglich in zwei Classen theilen. Einige derselben, deren Zahl und Gewicht keineswegs gering ist, halten die Wärme für modificirtes Licht und müssen daher, sofern man gegenwärtig die Undulationstheorie in der Optik für genugsam begründet ansehn darf, annehmen, dafs der überall verbreitete Lichtäther eine solche Modification erleide, vermöge welcher er die Wärmephänomene hervorzurufen vermag. Da das Licht allerdings die bedeutendste Quelle der Wärme ist, sofern letztere allezeit durch ersteres hervorgerufen wird, so fällt die Frage über Identität oder Verschiedenheit beider offenbar mit der Untersuchung der Art, wie die Wärme durch Licht erzeugt wird, und des Verhältnisses beider gegen einander zusammen, weswegen es am zweckmäfsigsten scheint, diese Aufgabe bis dahin zu verschieben, wo diese Frage zur nähern Untersuchung kommt. Andere, gleichfalls nicht wenige und gewichtige Physiker halten die Wärme für ein Wesen eigner Art, welches zwar an sich und in seinem Verhalten Aehnlichkeit mit dem Lichte hat, aber keineswegs eine so grofse und auffallende, dafs man eine blofse Modification annehmen dürfte. Diese letztere Ansicht wollen wir hier etwas näher untersuchen.

21) Gegen die erwähnte Hypothese, wonach die Wärme eine blofse Kraft oder das Resultat gewisser Vibrationen der Körper und Körpertheilchen seyn soll, hat sich vorzüglich J. T. Mayer[1] erklärt. Dem damals sehr allgemein aufgestellten Einwurfe gegen Materialität des Wärmestoffes, dafs demselben die Schwere fehle, setzt er das Argument entgegen, dafs diese Eigenschaft noch gar nicht als eine nothwendige Bedingung

1 Commentationes Soc. Reg. Sc. Gott. ad A. MDCCC—III. Vol. XV.

Digitized by Google

der Materie nachgewiesen sey, indem es so feine Stoffe könne, deren Gravitation sich nicht nachweisen lasse. A dem sey die Wärme überall vorhanden und daher eine gung unmöglich, weil diese in einem absolut wärme Raume geschehn müsse. Die Versuche des Grafen Ru hätten zwar allerdings einen grofsen Schein, allein da umgebender Luft und in Verbindung mit Körpern ang wurden, in denen Wärmestoff vorhanden war, so könn annehmen, dafs die geriebenen Körper aus dieser unersc lichen Quelle stets aufs Neue die nöthige Wärme entno hätten und daher selbst als unerschöpfliche Wärmequelle schienen wären. Hiernach müsse man also annehmen, da Wärme in den geriebenen Körpern blofs frei gemacht, de gang aber sofort aus der unerschöpflichen Menge der umg den Körper durch eine gewisse Attractivkraft wieder ersetzt w sey. Auf ähnliche Weise ändere sich die specifische W der Körper nur unbedeutend, wenn sie nicht in einen a Aggregatzustand übergingen, in welchem Falle sie eine M Wärme anzögen, die in ihnen gleichsam verschwände [1]. Freiwerden der Wärme durch mechanische Mittel und gleichzeitige Aufnehmen derselben in Folge eines, dem el schen ähnlichen, Anziehungsprocesses findet Mayer schwer zu erklären. Gegen die Undulationstheorie der W findet er einzuwenden, dafs die Anhänger derselben die ei liche Beschaffenheit der angenommenen Vibrationen, und welche Weise die verschiedenen Erscheinungen der W aus ihnen hervorgehen müssen, nirgends deutlich und best angeben. Insbesondere zeige sich ein auffallender Unters zwischen der Mittheilung einer Bewegung und dem Ueberg der Wärme. Ein schallender Körper verliere keineswegs jenige Bewegung, welche er den umgebenden Körpern mitt sondern komme durch die in ihm selbst befindlichen Hin nisse allmälig zur Ruhe, statt dafs die abgegebene W quantitativ der aufgenommenen gleich sey. Wolle man Unterschied der Schallschwingungen von denen, welche W

1 Mayer und mehrere ältere Physiker finden ein ähnliches halten bei der Elektricität, die durch Reiben stets erzeugt aus Erde wieder ersetzt werden soll; allein die elektrischen Phäno beruhen bekanntlich nur auf einer Zerlegung des 0 E in seine be Potenzen + E und — E und auf einer Wiedervereinigung dieser

Digitized by Google

erzeugen sollen, darein setzen, dafs die letzteren den kleinsten Theilchen der Körper zugehörten, so kämen wir wieder zu den Hypothesen des CARTESIUS zurück, wonach die verschiedenen Qualitäten der Körper aus verschiedenen Bewegungen der Elemente erster, zweiter und dritter Ordnung erklärt werden. Wie sehr dagegen die Hypothese von einem materiellen Wärmestoffe den Erscheinungen angemessen sey, zeige besonders die Anwendung derselben auf die Gesetze der Wärmeleitung, wovon später die Rede seyn wird.

22) PREVOST[1], welcher viel im Gebiete der Wärmelehre gearbeitet hat, nimmt einen Wärmestoff (Calorique) an, und denkt sich denselben als eine sehr feine Flüssigkeit, deren Elemente stets in entgegengesetzter Bewegung sind. Nach ihm ist es dann nicht sowohl diese Flüssigkeit selbst, als vielmehr die Verschiedenartigkeit der Bewegung, woraus die einzelnen Erscheinungen erklärbar werden, namentlich die sogenannte Wärmestrahlung[2]. Es wäre nicht die Mühe lohnend, die vielen Versuche und Schlüsse hier zu wiederholen, welche DIZÉ in einer ausführlichen Abhandlung[3] zusammengestellt hat, um die Materialität des Wärmestoffs darzuthun, da so viele seiner Behauptungen gegen anerkannte Naturgesetze streiten. Auch HARE[4] beschränkt sich, so wie URE[5], blofs auf die bekannten Beweise, und im Ganzen ist dieses auch der Fall bei den ausführlichen Untersuchungen, welche SOCQUET[6] dieser Frage gewidmet hat, jedoch führen ihn diese zu dem Resultate, den Wärmestoff für eine eigenthümliche Materie zu halten, welche den Attractionsgesetzen folgt, aus welcher dann die meisten Aeufserungen derselben von ihm abgeleitet werden. HARE macht namentlich das Argument geltend, dafs die Bewegung zweier Massen nach dem Stofse $C' = \frac{MC + mc}{M + m}$

1 Recherches sur la Chaleur. Genève 1792. 8. Vergl. Phil. Trans. 1802. p. 444.

2 Bibliothèque univ. T. XXVI. p. 309.

3 Journal de Physique. T. XLIX. p. 172.

4 Silliman Amer. Journ. 1822. T. IV.

5 Dictionary. Art. Caloric.

6 Essay sur le calorique, ou recherches sur les causes physiques et chimiques des phénomènes que présentent les corps soumis à l'action du fluide ignée cet. Par. ann. IX. 8.

Digitized by Google

seyn müsse. Besteht aber die Wärme aus Bewegung, so müfs durch Vereinigung von Wasser und Quecksilber eine mittle Temperatur beider hervorgehn, wogegen aber ganz entgegenge setzt das schwerere Quecksilber mehr, das leichtere Wasser we niger Wärme erhalte. Keine mitgetheilte Geschwindigkeit könn gröfser seyn, als die ursprüngliche, und dennoch erzeugte heifse feste Körper die prodigiöse Geschwindigkeit, die wi den expandirten Dämpfen beizulegen gezwungen sind; auc könne die Wärme, als blofse Bewegung gedacht, den leere Raum nicht durchdringen, eine Kraft ohne materielles Substra tum sey undenkbar.

Gegen diese Zurückführung der hauptsächlich auch che misch wirkenden Wärmephänomene auf einfache Bewegungs gesetze erklärte sich Olmsted[1], obgleich selbst Vertheidige der Hypothese von einem materiellen Wärmestoff. Richti wird von diesem bemerkt, dafs die Wärmeundulationen nac Davy's Ansicht Bewegungen der kleinsten Theilchen in un mefsbare Fernen, also mit denen der Massen in mefsbare Ab stände unvergleichbar sind. Aufserdem sind jene rotatorisch oder vibratorisch, diese dagegen geradlinig. Wenn aber Olm sted seine Widerlegung auch darauf gründet, dafs bei der an genommenen undulatorischen Bewegung eine Berührung der Körpertheilchen nicht zugleich bedingt sey, so läfst sich hier aus ein Argument gegen die Vibrationshypothese hernehmen, sofern eine Mittheilung der Bewegung ohne Berührung und bei Abwesenheit jedes Zwischenmittels unvorstellbar erscheinen dürfte. Diesem Argumente begegnet aber Olmsted durch eine Voraussetzung, die dasselbe zwar nicht eigentlich zu entfernen, wohl aber zur Seite zu schieben vermag, indem er die Frage aufwirft, warum die Wärmeundulationen nicht ebenso gut den lee ren oder eigentlicher nur den luftleeren Raum durchdringen sollten, als die von der Sonne ausgehende, die Erde in ihrer Bahn erhaltende Gravitation. Es genügt jedoch hierüber zu bemerken, dafs man unmöglich die Wärme mit der Gravitation in Parallele setzen kann, denn eine *specifische Schwere* im eigentlichsten Sinne (nicht specifisches Gewicht), so wie eine latente Schwere ist ein mit der Erfahrung unvereinbarer Begriff, aber die specifische und latente Wärme sind auf keine

1 Silliman Amer. Journ. T. XI. p. 357. T. XII. p. 11. 50. 358.

Digitized by Google

Weise in Abrede zu stellen. Hiernach dürfen wir, nach Olmsted, über das Wesen der Uragentien, als namentlich Anziehung, Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus, uns keine Bestimmung erlauben, wenn wir gleich zur Bequemlichkeit die letzteren als Flüssigkeiten betrachten.

23) Ueberblicken wir die gesammten Wärmephänomene und versuchen wir es, sie einer allen genügenden Hypothese anzupassen, so können wir nicht wohl umhin, einen eigenen Wärmestoff (*caloricum;* calorique; *caloric*) als materielles Wesen anzunehmen. Der einzige allgemeine dagegen aufgestellte Einwurf, dafs sie nicht wägbar sey, ist offenbar nichtig, weil er von der *petitio principii* ausgeht, dafs alle Materie wägbar seyn müsse, was *a priori* nicht behauptet werden kann und wogegen, auf die Erfahrung bezogen, eben die Imponderabilien einen Beweis abgeben würden. Dabei ist obendrein zu berücksichtigen, dafs bis jetzt die Unwägbarkeit der Wärme noch keineswegs dargethan ist, obschon es Niemanden gelingen wollte, sie zu wägen, wie im folgenden Abschnitte gezeigt werden soll. Die Vibrationstheorie der Wärme ist bis jetzt durch Niemanden hinlänglich begründet worden, wie J. T. Mayer überzeugend dargethan hat, und in der angegebenen Allgemeinheit und Unbestimmtheit schwerlich einer genügenden Begründung überall fähig. Man mufs dabei entweder in Gemäfsheit der Aehnlichkeit mit den Lichtphänomenen einen eigenthümlichen Aether annehmen und gesteht damit die Materialität des Wärmefluidums ebenso zu, als die des Lichtäthers allgemein zugestanden wird, oder die Wärmephänomene als Wirkungen des modificirten Lichtäthers selbst betrachten. Der Versuch, eine Analogie zwischen dem Schalle und den Wärmephänomenen aufzufinden, ist auf keine Weise mit einer scharfsinnigen Prüfung der Thatsachen vereinbar. Die *Schallschwingungen* eines tönenden Körpers erfordern durchaus freie Beweglichkeit und die Berührung, selbst die leiseste, hebt sie auf, ein erhitzter Körper dagegen verliert von seiner Wärme durch das festeste Einschliefsen nichts, aufser was quantitativ von ihm an die Hülle abgegeben wird, ja durch heftigstes Pressen wird Wärme sogar ausgeschieden, was dem zu vergleichen wäre, wenn eine Stimmgabel durch allseitiges Festklemmen ihrer Zinken in einem Schraubstocke zu tönen beginnen sollte. Wollte man diesen Einwurf durch die Annahme beseitigen, dafs die

Digitized by Google

Bebungen blofs in den kleinsten Theilchen statt fänden, was mit Ampère's Hypothese übereinstimmen würde, so ist es von der einen Seite bedenklich, nach der unklaren Ansicht der Alten die Naturerscheinungen auf das Verhalten der kleinsten Theile zurückzuführen, von der andern Seite aber zeigt eben die Volumensvermehrung der Körper durch Wärme, dafs nicht blofs die kleinsten, sondern auch die Theile der Körper überhaupt durch die Wärme afficirt werden. Vor allen Dingen sind die Erscheinungen der specifischen Wärme, so wie die, welche dem *Richmann'schen Gesetze* zum Grunde liegen, nach J. T. Mayer[1] mit Undulationen ganz unvereinbar, und zeigen offenbar einen Austausch eines materiellen Stoffes nach quantitativen Verhältnissen, da es in der That unvorstellbar ist, selbst wenn man die höheren Temperaturen als blofse Vermehrungen der Schwingungsmengen betrachten wollte, dafs z. B. bei Mischungen von Wasser die zahlreicheren Schwingungen des heifsen Wassers zu den minder zahlreichen des kälteren hinzukommend in das arithmetische Mittel beider übergehen sollten, da die Schwingungen des Lichtäthers und tönender Körper zwar durch umgebende Substanzen gehindert und aufgehoben, aber nicht unter diese und sie selbst vertheilt werden können. Mehrere leuchtende und tönende Körper vermehren zwar den Effect zur Summe beider Wirkungen, ohne dafs jedoch der eine so viel verliert, als der andere gewinnt. Ist dieses allein als undenkbar schon für sich ein unübersteigliches Hindernifs gegen die Zurückführung aller Wärmephanomene auf Undulationen, so bietet sich eine neue Schwierigkeit in der Vorstellung dar, dafs Körper von bleibender Temperatur sich stets im Zustande gleichmäfsiger Schwingungen oder Schwingungsmengen befinden sollten, und gleich schwierig, wo nicht ganz unvorstellbar würde es seyn, die Erscheinungen der nach genau quantitativen Verhältnissen latent und nach beliebig langer Zeit wieder frei werdenden Wärme auf eine solche Hypothese zurückzuführen. Endlich aber ist die Wärmeleitung der Körper von beliebigem Aggregatzustande mit der Vibrationstheorie ganz unvereinbar; denn der Lichtwellen nicht zu gedenken ist der Fortgang der Schallwellen, die wir doch aus andern Gründen für weit gröber, als die der Wärme halten

1 S. dessen oben erwähnte Abhandlung.

Digitized by Google

müfsten, so unglaublich viel geschwinder, als das Fortschreiten der Wärme selbst in den besten Leitern, dafs man nach Ueberlegung dieser unleugbaren Thatsachen unmöglich noch ferner geneigt seyn kann, dieser eigenthümlichen Vibrationstheorie als allgemeiner Grundlage der Wärmephänomene zu huldigen.

24) Allein wie gewichtig auch diese Argumente seyn mögen, so läfst sich doch auf der andern Seite nicht verkennen, dafs es einige Phänomene giebt, die sich entweder gar nicht oder nur vermittelst sehr gezwungener Hypothesen auf einen nach einfachen und quantitativ bestimmbaren Verhältnissen wirkenden Wärmestoff zurückführen lassen. Namentlich hat man die aus dem Ursprunge der Wärme durch Reibung von den Anhängern der Vibrationstheorie entnommenen Argumente durch künstliche Mittel zwar zur Seite geschoben, aber noch keineswegs genügend widerlegt; denn die Voraussetzung, dafs der in den geriebenen Körpern frei gemachte Wärmestoff an die sie zunächst umgebenden Körper übergehen und der hierdurch bewirkte Abgang durch eine Aufnahme aus weiter entfernten Substanzen wieder ersetzt werden sollte, hat unverkennbar etwas Gezwungenes und sich selbst Widerstreitendes. Auf gleiche Weise ferner, als die gewöhnliche Fortleitung der Wärme durch Körper von der verschiedensten Aggregatform unverkennbar das Gepräge der allmälig fortschreitenden Aufnahme eines *materiellen* Stoffes nach der verschiedenen Anziehungskraft der individuellen Substanzen trägt, ebenso unverkennbare Aehnlichkeit, oder wohl Gleichheit, haben die Phänomene der von spiegelnden Flächen oder sonst strahlenden Wärme mit der Wellenbewegung des Lichtes und des Schalles. Abgesehen von anderen verschiedenen Phänomenen endlich, die demnächst näher erörtert werden sollen, ist der Ursprung bedeutender Wärmemengen, die namentlich bei verschiedenen Explosionen plötzlich frei werden, nach denjenigen Principien, die man in Gemäfsheit der Theorie eines materiellen Wärmestoffes für andere Phänomene in Anwendung bringt, durchaus unerklärbar, weil bald mehr, bald weniger Wärme zum Vorschein kommt, als wirklich gegeben ist. Dieses bereits erwähnte, durch H. Davy in Beziehung auf das Verbrennen des Schiefspulvers (§. 8) aufgestellte Argument gewinnt an Beweiskraft, wenn man die Wärmeentwickelung bei der Verbindung des Schwefels mit Eisen und andern Metallen (§. 135),

die enorme Hitze des Knallgasgebläses und überhaupt d Wärmeproduction durch Chemismus consequent zu erklär versucht, welche gesammten Phänomene hier blofs anzudeut genügt, da sie später näher erörtert werden müssen.

25) Wenn daher nicht blofs gewichtige, sondern man da wohl sagen gleich gewichtige und ohne künstlichen Zwa nicht zu beseitigende Argumente sowohl für die Materialit des Wärmestoffes, als auch für die Vibrationstheorie vorhand sind, so läfst sich schon im voraus vermuthen, dafs, wie i ähnlichen Fällen gewöhnlich, die Wahrheit in der Mitte lieg Diesem gemäfs habe ich zuerst in meiner Schrift über das Schiefs pulver[1], demnächst in meinem Programme[2] angedeutet, da die gangbare Theorie eines materiellen, blofs nach quantitative Verhältnissen vertheilten Wärmestoffes zwar in einigen Er scheinungen eine unwandelbare Stütze finde, andere aber ge nügend zu erklären keineswegs hinreiche; später aber[3] hab ich bestimmt den Satz aufgestellt: „dafs verschiedene Wärme „phänomene nicht sowohl aus einer eigentlichen Vermehrung „einem Ueberströmen, einer Bewegung des Wärmestoffes, al „vielmehr aus Schwingungen desselben, Undulationen od „Wellen zu erklären sind, und so wie wir daher bei der Lu „eine Menge Wirkungen aus dem Drucke und der Bewegun „derselben (Aerostatik, Pneumatik), andere dagegen, namentlic „die des Schalles, aus ihren Wellen erklären, ebenso würde „manche Erscheinungen der Wärme auf Vermehrung und Be „wegung derselben, andere auf wellenartige Schwingungen zu „rückzuführen seyn."

Seitdem die Undulationstheorie des Lichtes einen vollstän digen Sieg über die Emanationstheorie davon getragen hat un die gehaltvollen Versuche von Melloni und Forbes über d Brechung und Polarisation der Wärmestrahlen die genaues Uebereinstimmung einer grofsen Menge von Wärmephäno menen mit dem Verhalten des Lichts unwidersprechlich dar gethan haben, kann die Existenz von Wärmeundulation nicht wohl mehr zweifelhaft seyn; diese setzen dann wied das Vorhandenseyn eines in Wellenschwingungen versetzt

1 Ueber das Schiefspulver. Marburg 1817. 8.
2 Sacra natalitia Divi Caroli Friderici cel. Heidelb. 1820. 4.
3 Handbuch der Naturlehre. Heidelb. 1829. Th. I. S. 453.

Digitized by Google

materiellen Wesens voraus, die Materialität des Wärmestoffes ist somit als erwiesen zu betrachten, schon deswegen, weil die Lichtstrahlen auch im leeren Raume von Wärmestrahlen begleitet sind, und die streitige Frage geht in eine andere über, ob der Wärmeäther mit dem Lichtäther identisch oder von ihm verschieden sey, die jedoch späteren Untersuchungen vorbehalten bleibt. Vor der Hand dürfen wir als ausgemacht ansehen, dafs die Hypothese, wonach die Wärmephänomene Erzeugnisse der Vibrationen derjenigen Körper selbst und ihrer Theile seyn sollen, worin sie sich zeigen, als den Thatsachen nicht genügend zu verwerfen und vielmehr ein *eigenthümlicher Wärmestoff* anzunehmen sey, welcher theils durch Vermehrung, Verminderung und Uebergang, theils durch Undulationen die von einander wesentlich verschiedenen Erscheinungen hervorbringt. Die Existenz solcher Undulationen als Ursache verschiedener Wärmephänomene kann gegenwärtig kaum mehr zweifelhaft seyn, wie unzweideutige Aeufserungen der Physiker beweisen, unter denen ich vorläufig nur Baumgartner und Forbes nennen will. Ersterer sagt[1]: „nur so „viel scheint ausgemacht, dafs die Annahme eines eigenen, in „der ganzen Welt verbreiteten, höchst feinen, ausdehnsamen „Stoffes, des sogenannten Wärmestoffes, der mit den Körpern „eine Art chemischer Verbindung eingehn soll, zur Erklärung „der Wärmephänomene überhaupt, der in der neuesten Zeit „entdeckten insbesondere, nicht genüge, und dafs höchst wahrscheinlich die Wärme, wie das Licht, in Schwingungen des „Aethers, vielleicht auch der kleinsten Körpertheile selbst, bestehe, welche bei den sogenannten warmen Körpern stehende, „bei der im Fortschreiten begriffenen fortschreitende sind, so „dafs demnach schallende, leuchtende und warme Körper zu „einer Classe schwingender Körper gehören, während die Fortpflanzung des Schalles, des Lichts und der Wärme in Schwingungen anderer Art besteht.“ Nach diesen Ausdrücken erscheint Baumgartner als Anhänger der Vibrationstheorie; weil er aber sonst und auch noch später[2] über die physische Ursache

1 Anfangsgründe der Naturlehre. Wien 1837. 8. S. 132.

2 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande u. s. w. von A. Baumgartner und A. v. Ettingshausen. 6. Aufl. Wien 1839. S. 412.

Digitized by Google

der Wärmephänomene zu entscheiden Anstand nimmt, so ist
mitgetheilten Stelle zunächst nur der zwischen den versc
nen Aeufserungen der Wärme festgesetzte Unterschied
rücksichtigen. Fordes dagegen wurde bei der Erkläru
Erscheinung des durch Trevelyan erfundenen *Therm*
(§. 284) gezwungen, Wärmewellen anzunehmen, und
zugleich Anhänger eines Wärmestoffes ist, so kann man
dafs er allerdings verschiedene Wärmephänomene auf U
tionen eines materiellen Wärmestoffes zurückführt.

26) Nach meiner festen Ueberzeugung mufs di
haltendste und schärfste Prüfung der mitgetheilten
zu der Ueberzeugung führen, dafs die Erscheinunge
Wärme nur durch Annahme eines materiellen Wärm
fes erklärbar werden, jedoch so, dafs einige derselbe
auf quantitativen Verhältnissen der Vermehrung, der V
derung und des Ueberführens beruhen, andere dage
Wirkungen von Undulationen zu betrachten sind. Dies
pothese ist keineswegs gezwungen, vielmehr haben wi
auffallende Analogie in den zur Mechanik gehörenden
menen. Wir sind nur zu sehr gewöhnt, die Schallschwi
gen als eigenthümliche, den übrigen Bewegungen der
unähnliche, zu betrachten; genauer erwägend müssen wi
zugestehn, dafs beide vereint eine auffallende Analogie m
Verhalten der Wärme abgeben. Benutzen wir nur, un
festeren Anhaltpunct zu haben, diejenigen Erscheinungen
che die atmosphärische Luft zeigt. Diejenigen derselben
che auf quantitativen Verhältnissen beruhn, sind allgemei
kannt; wenn wir aber berücksichtigen, dafs die Schallvi
nen in derselben ohne Aenderung ihrer Menge und oh
gentliche fortgehende Bewegung massive Mauern erbeben m
so scheint es mir nichts weniger als unnatürlich, anzun
dafs auch die Schwingungen des Wärmeäthers, ohne q
tative Aenderung desselben, feste Körper in heftige Be
versetzen und den in ihnen befindlichen Aether zu ähn
Vibrationen veranlassen können. Der Annahme eines W
äthers scheint aber ebenso wenig ein Hindernifs im We
stehen, als der eines Lichtäthers, dessen Existenz man g
wärtig überall nicht in Zweifel zieht. Wir wollen
diese Hypothese benutzen, um bei der folgenden Untersu
der verschiedenen Erscheinungen diejenigen zu bezei

Digitized by Google

welche auf quantitative Verhältnisse des Wärmestoffes und welche auf Undulationen desselben zurückzuführen sind.

27) Ueber das eigentliche Wesen dieses Wärmeäthers schon jetzt etwas bestimmen zu wollen wäre auf jeden Fall zu voreilig, da uns diese Aufgabe in Beziehung auf den Lichtäther noch nicht gelungen ist, dessen Verhalten, im Ganzen viel einfacher, wir bei weitem genauer kennen. La Place[1] betrachtet den Wärmestoff zunächst in Beziehung auf die Gasbildung als ein sehr feines ätherisches Fluidum, dessen Molecüle mit Repulsivkraft versehen sind, worüber jedoch schon an einem andern Orte[2] das Nöthige gesagt worden ist. John Barton[3] folgt seinen Ansichten und glaubt, dafs die Phänomene der Wärme weit einfacher durch Annahme eines materiellen Stoffes, als aus Undulationen der vorhandenen Körper erklärt werden können, wobei wohl ohne Zweifel Undulationen der Theile fester, flüssiger und gasförmiger Körper selbst, nicht aber des zwischen ihnen befindlichen Wärmestoffes, gemeint sind. Die Molecüle des Wärmestoffs denkt er sich sehr klein im Verhältnifs zu denen der wägbaren Materie, die letzteren aber klein im Verhältnifs zu den Intervallen zwischen ihnen, was mit Newton's Ansichten übereinstimmt. Hieraus wird dann gefolgert: 1) Die Wärmemolecüle, welche die der Körper berühren oder sich in elliptischen Bahnen um sie bewegen, können sich nur durch einen gewissen Impuls entfernen und geben die latente Wärme. 2) Durch Reiben u. s. w. werden die in Ellipsen bewegten Wärmemolecüle aus ihren Bahnen getrieben, weswegen gehämmertes Metall durch den Verlust seiner latenten Wärme spröde wird. 3) Bestehen Körper aus elliptischen Molecülen, so werden die Wärmemolecüle sich um ihre Mitte anhäufen, woraus die ungleiche Ausdehnung nach Mitscherlich erklärbar wird. 4) Bei einem gewissen Verhältnifs der attractiven und repulsiven Kräfte gleicht die Bahn der Wärmemolecüle einer Conchoide, die Bahn der Wärme gleicht in diesem Falle bei diathermanen Körpern einer geraden Linie; die adiathermanen Körper lassen auch Wärme durch, aber erst nachdem die Wärmemolecüle die Molecüle der Körper mehr-

1 Méc. cél. T. V. Chap. XII. p. 90 ff.
2 S. Art. *Gas*. Bd. V. S. 1056.
3 London and Edinb. Phil. Mag. N. LXII. p. 342.

Digitized by Google

mals umkreiset haben und wiederholt von der Oberfläche d Körper in deren Inneres gezogen worden sind. 5) Die Molecü der Körper werden durch zwei Kräfte angezogen, durch die A ziehung gegen einander und gegen die Wärmeatmosphären d andern, durch zwei Kräfte abgestofsen, nämlich durch die R pulsion der Wärmeatmosphären und die Molecüle der sensibe Wärme, die sich zwischen ihnen befinden. Diese Kräfte e zeugen den Zustand des stabilen Gleichgewichts, insofern d Attractivkraft mit der Zunahme des Abstandes in einem geri geren Verhältnisse abnimmt, als die Repulsivkraft; wenn aber d Theilchen der sensibeln Wärme vermehrt werden, so dehnt sich d Körper aus und das stabile Gleichgewicht wird abermals hergestell Erreicht aber die Ausdehnung einen gewissen Punct, so ver wandeln sich die Bahnen der umkreisenden Wärmemolecü aus der hyperboloidischen Form in die ellipsoidische und ein gewisse Quantität derselben wird also latent. Gleichzeitig wir eine andere Menge sensibeler Wärme von aufsen aufgenom men, die gesammte Summe überwindet die Attractivkraft un es tritt Dampfbildung ein. 6) Wenn flüssige Körper sich beim Festwerden ausdehnen, so ist dieses Folge anderweitiger Kräfte z. B. derer, die aus der Gestalt der Molecüle hervorgehn 7) In der Lage gröfster Anziehung der Molecüle fester Kör per sind ihre ausspringenden Winkel einander zugekehrt, wor aus folgt, dafs beim Erstarren die Bahnen einer Quantität von Wär memolecülen aus der ellipsoidischen Form in die hyperboloidische übergehen und daher ein Theil der latenten Wärme frei wird 8) Je gröfser die Molecüle sind, desto besser leiten die Körper die Wärme und desto schlechter strahlen sie dieselbe aus; denn die Geschwindigkeit der Bewegung wächst mit der Masse, an der Oberfläche aber wird die Wärme durch die stärkere An ziehung der gröfseren Molecüle mehr zurückgehalten, weswe gen die Metalle die besten Leiter und die schlechtesten Aus strahler sind. Wenn Barton endlich die scheinbare Abstofsung gewisser Körper und die Erscheinungen der Capillardepression von den Wärmeatmosphären ableitet und die Bahnen der Wär memolecüle, welche die latente Wärme bilden, mit den elliptischen der Planeten und Trabanten, derer aber, welche die strahlende Wärme erzeugen, mit den parabolischen und hyperbolischen der Kometen vergleicht, so ist dieses wohl nur für ein sehr freies Spiel der Phantasie, und die ganze, von ihm aufge-

Digitized by Google

stellte Hypothese keineswegs für genügend begründet zu halten.

28) Es ist oben[1] bemerkt worden, dafs La Place das eigentliche Wesen der Wärme unbestimmt läfst. In dieser Beziehung hat Barton's Ansicht entschiedene Vorzüge, sofern man dieselbe in Gemäfsheit der näheren Bestimmung besser prüfen und Gründe für und wider dieselbe aufstellen kann. Es giebt offenbar einen besseren Anhaltpunct, wenn man sich die Wärme als aus sehr kleinen, mit Repulsivkraft begabten Molecülen bestehend denkt, die zwar eben wegen ihrer unbestimmbaren Feinheit unvorstellbar für uns seyn müssen, die wir blofs zur Anschauung mefsbarer Körperchen zu gelangen vermögen, inzwischen läfst sich doch eine Anziehung der gröberen Körpermolecüle gegen die feineren Wärmemolecüle und eine Abstofsung dieser letzteren unter sich einigermafsen vorstellbar machen. Da man aber bei der Erörterung der Naturerscheinungen irgend eine Hypothese als Anhaltpunct zum Grunde legen mufs und die angegebene von La Place und Barton viel für sich hat, wenn man einstweilen die angenommenen verschiedenen Bahnen als noch unerwiesen und minder nöthig ausschliefst, so wollen wir bei den folgenden Betrachtungen einen materiellen Wärmestoff annehmen und versuchen, wie weit sich diese Hypothese den Erfahrungen anpassen läfst.

29) Noch müssen wir hier eine Hypothese erwähnen, welche, von Berzelius[2] aufgestellt, schon wegen dieses durch Scharfsinn ebenso sehr als durch grofsen Umfang von Kenntnissen ausgezeichneten Erfinders nicht wenige Anhänger erhalten hat. Hiernach existirt zwar ein eigentlicher Wärmestoff als unwägbare, ätherartige Substanz, deren Verhalten eigenthümlichen Gesetzen unterworfen ist, allein sie ist nicht einfach, sondern aus positiver und negativer Elektricität zusammengesetzt. Da es hier vorzüglich auf die Frage abgesehen ist, ob wir einen eigenthümlichen Wärmestoff anzunehmen haben, diese aber nach dieser Theorie bejahet wird, später aber (§. 218 u. 226) von Erregung der Wärme durch Elektricität besonders die Rede seyn wird, so läfst sich die Prüfung dieser Hypothese am bequemsten an die genannten Untersuchungen über diese specielle Wärmequelle anknüpfen.

1 S. Art. *Gas*. Bd. V. S. 1074.

2 Versuch über die chemischen Proportionen. S. 79.

Digitized by Google

B. Wägbarkeit der Wärme.

30) Man hat sehr allgemein, namentlich von Seiten der Naturphilosophen, der Materialität der Wärme, des Lichtes der Elektricität und des Magnetismus ihre Unwägbarkeit als ganz entscheidendes Argument entgegengesetzt, so wenig beweisend dasselbe auch ist, da gegenwärtig wohl niemand an der Materialität des Lichtäthers zweifelt, welchen man wegen seiner allgemeinen Verbreitung durch den ganzen Weltraum doch unmöglich für schwer halten kann. Merkwürdig aber ist dabei der Umstand, dafs niemand, so viel ich weifs, die factische Unwägbarkeit dieser sogenannten Imponderabilien in Zweifel gezogen und sie zu wägen versucht hat, aufser bei der Wärme. Die Ursache hiervon liegt vermuthlich darin, daß das Licht sich nicht wohl in Körpern fixirt, denn bei den sogenannten Lichtsaugern hielt man die vorhandene Menge vermuthlich überall zu gering, als dafs auch die feinste Waage davon afficirt werden könnte, wenn man auch nach der bei einigen Physikern herrschenden Ansicht eine wirkliche Aufnahme und nachherige Ausscheidung des Lichtstoffes annahm; einem elektrisirten Körper ist zwar nach Franklin elektrisches Fluidum zugeführt, allein die Anziehung, welche ein solcher nach allen Seiten hin ausübt, und die augenblicklich beginnende Ausströmung der Elektricität mochte wohl von jedem Versuche einer Wägung abschrecken, der Magnetismus aber wurde stets auf eine Trennung zweier, früher vereinter Magnetismen zurückgeführt, wonach überall keine Gewichtsvermehrung statt finden konnte; blofs bei der Wärme hat man schon frühe die Frage über ihre Wägbarkeit aufgeworfen, weil die Erscheinungen, welche sie darbietet, in der That auf ein Hinzukommen eines gewissen Etwas hindeuten, und wenn man die Wahrheit berücksichtigt, dafs die Natur überall keinen Sprung macht, so war es keineswegs unphilosophisch, die Vermuthung zu hegen, dafs im Uebergange von den gewichtigern Körpern zu den minder gewichtigen die Wärme die äufserste Grenze bilden und nur unmefsbar schwer seyn könne[1]. Ver-

1 Es kann hier nur vom Gewichte der Wärme an sich die Rede seyn, nicht von einer Gewichtszunahme durch Feuer erzeugt. Allerdings werden Metalle durch Verkalkung in der Hitze schwerer, was manche Aeltere einem Hinzukommen des Feuers zuschrieben, z. B.

Digitized by Google

hielte sich wirklich das Gewicht der Wärme zu dem des Wasserstoffgases unter atmosphärischem Drucke oder gar zu dem des Wasserdampfes in niedriger Temperatur, wie dieses zum Platin, so würde eine wirkliche Wägung stets unmöglich bleiben, woraus von selbst folgt, dafs alle bisherigen Versuche, die Wärme zu wägen, wenn sie auch ein negatives Resultat geben, dennoch die vorliegende Frage zu beantworten nicht vermögen.

31) Bei den eigentlichen Anhängern des Cartesius konnte die Frage über die Wägbarkeit der Wärme nicht füglich aufgeworfen werden, denn nach seiner Philosophie gehörte das Feuer zur sublimen Materie und war das Resultat der Bewegung dieses ersten Elementes. Wir können daher die Geschichte dieser Untersuchungen mit Boerhave[1] beginnen, welcher die Schwere der Wärme bezweifelt, weil das Feuer im ganzen Weltraume gleichmäfsig vertheilt sey und blofs Elasticität besitze. Kein Naturforscher aber hat sich mehr Mühe gegeben, die Wärme selbst vorerst dem Auge sichtbar zu machen, als Marat[2]. Hierzu bediente er sich des Sonnenmikroskops in einem verfinsterten Zimmer, wodurch er die aufsteigenden Wärmetheilchen so stark zu vergröfsern hoffte, dafs sie durch das Auge wahrnehmbar würden. Von glühenden Körpern glaubte er etwas in Gestalt feuriger Wellen aufsteigen zu sehn, was nach seiner Meinung Verwandtschaft gegen Wasser, Salze, Erden, Metalle, das Phlogiston und das Licht äufserte und daher von der Lichtmaterie, dem Phlogiston und der elektrischen Materie verschieden seyn mufste. Er nannte dieses *feurige Flüssigkeit* (fluide igné) und erklärte es für eine eigene Substanz, deren Bestandtheile er durchsichtig, schwer, äufserst hart, kugelförmig und ausnehmend klein finden wollte. Er brachte in den Lichtkegel seines Mikroskops theils solche Körper, die durch das Feuer zerstört werden, als eine brennende Wachskerze, glühende Kohlen u. s. w., theils auch nicht zerstörbare, als glühende Metalle, Porcellan, Bergkrystall u. s. w., und sah dann stets auf

---

Lucretius de Rer. Nat. L. II. v. 185 und Andere. Vergl. Musschenbroek Introd. §. 1578.

1 Elementa Chym. T. I. p. 175 u. 306.

2 Découverte sur le feu, l'électricité et la lumière. Paris 1779. 8. Deutsch mit Anm. von Weigel. Leipz. 1783. Recherches sur le feu. Par. 1780. 8.

Digitized by Google

der reflectirenden Wand einen aufsteigenden weifsen Cylinde der sich oben erweiterte und in kräuselnde Wellen ausbreitet zugleich auch durch den Luftstrom eines Blasebalges sich seit wärts beugen liefs. Es darf wohl kaum bemerkt werden, da theils die zersetzten Theile der Körper, theils der aufsteigend Luftstrom diese Erscheinungen hervorbrachten. Marat ver suchte auch die später so oft wiederholten Wägungen und fan sonderbarer Weise, dafs heifse Körper schwerer würden, ver muthlich weil er dieses Resultat mit Gewifsheit erwartet Eine 6 Unzen schwere silberne Kugel wog beim Rothglühe 5,5 Gran mehr und eine 15 Unzen 6 Qt. schwere kupfern Kugel hatte weifsglühend 2 Gran mehr, nach dem Wiederer kalten aber 3 Gran weniger Gewicht, wonach Marat da Feuer für schwerer hält, als die Luft. Zu einem ähnliche Resultate gelangte Rob. Boyle[1] durch seine Wägungen erhitz ter Körper, und auch Homberg[2] folgerte die Schwere de Wärme daraus, dafs 4 Unzen Antimon, dem Focus des grofse Brennglases in Paris ausgesetzt, 3 Drachmen an Gewicht zu genommen hatten. Boerhave versicherte dagegen, dafs er be seinen Versuchen nie zu einem solchen Resultate gelangt sey und Musschenbroek[3] bestreitet die Zulässigkeit solcher Wä gungen überhaupt, weil ein heifser Körper in einer leichtere umgebenden Luft gewogen werde, als ein kalter, obwohl sich hierfür wohl eine annähernde Correction auffinden liefse, wenn nicht andere Hindernisse im Wege ständen. Uebrigens hielt er die Wärme nicht blofs für materiell, sondern auch für schwer obgleich für so unmerklich, dafs seine Waage keine Aende rung des Gewichts anzugeben vermöge, und er widerlegt dahe den Schlufs, welchen du Hamel[4] aus seinen Wägungen ei serner Körper entlehnte, dafs die Wärme das Gewicht de Körper vermindere, wonach sie also negativ schwer seyn müfste.

32) Diese und viele andere ältere Physiker wurden offen bar durch die Gewichtsvermehrung irre geleitet, welche de Zutritt des Sauerstoffs bei der Calcination verursacht, und über-

1 De ponderabilitate flammae. In Opp.
2 Hist. de l'Acad. 1709. Cours de Chim. chap. V.
3 Introd. §. 1531.
4 Historia Acad. Reg. Scient. L. I. sect. 2. cap. 1.

Digitized by Google

haupt waren sie gewohnt, wenn sie sich auch nicht ausdrücklich darüber äufserten, den Begriff der Schwere mit dem Begriffe der Materialität zu vereinigen, denn Musschenbroek glaubte sogar, dafs die Sonnenstrahlen, die er doch für so aufserordentlich fein hielt, in den Körpern verdichtet würden und dadurch eine Gewichtsvermehrung hervorbrächten. Angemessener sind daher diejenigen Versuche, wodurch man den unmittelbaren Einfluſs der Wärme auf das Gewicht der Körper zu ermitteln suchte. So erzählt Kraft[1] von einem Versuche, welchen Candidus Buono zu Florenz anstellte, indem er der Waagschale einer empfindlichen Waage ein heifses Eisen näherte und sie leichter fand, das Eisen mochte über oder unter ihr gehalten werden, was aber Kraft von ihrer Ausdehnung ableitet, in deren Folge sie ein gröfseres Volumen Luft aus der Stelle treibe. Bekanntlich ist jedoch dieses die Ursache nicht, oder mindestens nur zu einem geringen Theile, welche bewirkt, dafs erhitzte Körper auf der Waagschale leichter zu seyn scheinen, sondern die Erwärmung der Luft über und neben denselben erzeugt eine aufsteigende Strömung, welche zugleich die Körper, namentlich aber die Waagschale, mit sich in die Höhe reifst[2]. Diese richtige Erklärung gab schon Boerhave[3], als er fand, dafs von zwei gleichen Metallstäben der eine leichter werde, wenn man eine glühende Kohle über ihn, und schwerer, wenn man sie unter ihn halte. So wie Marat, wollte auch Buffon[4] erhitzte Körper schwerer, als kalte, gefunden haben, wonach also die Wärme ein positives Gewicht haben müfste, statt dafs die durch Andere, namentlich durch Whiteburst und Roebuck[5] mit Gold und Eisen erhaltenen Resultate auf eine negative Schwere derselben führten. Am bekanntesten sind die durch Fordyce[6] angestellten Versuche geworden. Dieser fand stark erhitztes Gold leichter als kaltes, und

1 Praelect. in Phys. P. I. §. 163.

2 Vergl. Library of useful knowledge. Nat. Phil. 1829. T. I. Heat. p. 1.

3 Elementa chemiae. L. B. 1732. T. I. p. 244.

4 Hist. Nat. Suppl. T. II. p. 11.

5 Journ. de Phys. T. XIII. Suppl. p. 111.

6 Phil. Trans. 1785. T. LXXV. P. II. N. 21. Goth. Mag. Th. IV. St. 4. S. 49. V. Crell chem. Ann. Th. I. S. 161. Gren Journ. Th. VII. S. 50. Scherer's Journ. Th. II. S. 736.

Digitized by Google

als er 1700 Gran Wasser in einem hermetisch verschlossene Gefäfse gefrieren liefs, erhielt dasselbe eine Gewichtsvermehrung von $\frac{1}{16}$ Gran. Guyton de Morveau, Gouvenain und Chaussier wiederholten diesen Versuch und erhielten nicht blofs gleiche Resultate, sondern fanden auch, dafs 2 ℔. Vitriolöl im gefrorenen Zustande um 3 Gran schwerer waren, als im flüssigen[1]. Diese Resultate bewogen später Gren[2], dem Phlogiston eine negative Schwere beizulegen, wie bereits erwähnt worden ist. Mehrere Versuche, die zur Lösung dieser Aufgabe dienen sollten, sind auch durch Eimbke[3] angestellt worden. Dieser wog Glascylinder zuerst kalt, dann bis zum Glühen erhitzt und fand sie im letztern Zustande allezeit leichter als im ersten. Um dabei die Ausdehnung der umgebenden Luft zu vermeiden, schlofs er die Cylinder in hölzerne, mit Messing ausgefütterte Kapseln ein. Ferner wog derselbe Kalk und Wasser, welche sich in einem verkorkten Medicinglase befanden, vor dem Löschen und dann wieder nach dem Erkalten. Diese Versuche wurden mit mehrfachen Modificationen angestellt, auch bildeten gleich grofse Gläser, als diejenigen, welche Kalk und Wasser enthielten, das Gegengewicht, um manometrische Einflüsse zu vermeiden; allezeit aber zeigte sich nach dem Entweichen der Wärme eine meſsbare Zunahme des Gewichts, wonach also der Wärmestoff nothwendig eine negative Schwere haben müfste. Ja sogar als Eimbke ein verkorktes Glas, worin sich Erbsen im Wasser befanden, mit einem andern gleichfalls verkorkten Glase mit Wasser ins Gleichgewicht gesetzt hatte und das Wasser durch die Erbsen aufgesogen war, zeigte sich eine Gewichtszunahme, die vom Eindringen des Wassers in die Erbsen und der hierdurch frei gewordenen Wärme abgeleitet wurde. Gehler[4] zeigt aber genügend die grofsen Schwierigkeiten, die der Genauigkeit der Resultate aus solchen Versuchen entgegenstehn und sich zum Theil selbst aus den mitgetheilten Thatsachen entnehmen lassen, weswegen auch Fordyce selbst die negative Schwere des Wärmestoffs für ganz unvorstellbar erklärt.

---

1 Journ. de Phys. 1785. Oct.

2 Grundrifs d. Naturl. §. 427. Syst. Handb. d. ges. Chemie. Th. I. §. 295 u. a. a. O.

3 Gren's Journ. d. Phys. Th. VII. S. 30.

4 Wörterb. Th. V. S. 939.

Digitized by Google

33) Betrachtet man die Aeufserungen der älteren Physiker etwas näher, so ergiebt sich bald, dafs beide Parteien durch die unrichtige Deutung allbekannter Erscheinungen irre geführt wurden und dann die Resultate ihrer Versuche nach ihren vorgefafsten Meinungen deuteten. Diejenigen, welche die Gewichtsvermehrung so vieler Körper wahrgenommen hatten, die anhaltend der Einwirkung des Feuers ausgesetzt gewesen waren, leiteten diesen Erfolg von einem Hinzukommen der Feuermaterie oder des Wärmestoffes ab, und gelangten hierdurch zu der Ueberzeugung, dafs diese Substanz schwer seyn müsse; andere dagegen, welche vorzugsweise das Aufsteigen erhitzter und dadurch specifisch leichter gewordener oder durch den Luftstrom emporgehobener Körper ins Auge fafsten, fanden die Ursache hiervon in der Wärme und legten dieser daher eine negative Schwere bei. Dieses ergiebt sich deutlich aus dem, was Lambert[1] über das Aufsteigen der Flamme und der Wärme, wie er es nennt, eigentlich der warmen Luft, sagt, wobei ihn jedoch sein Scharfsinn abhält, die offenbar an sich unzulässige Hypothese einer negativen Schwere des Wärmestoffes anzunehmen, den er vielmehr nur leichter, als die Luft, nennt. Ebendiese Bewandtnifs hat es mit Achard's[2] Versuchen, welcher heifse Kugeln zwischen vertical über einander aufgehangene Thermometerkugeln brachte und dabei ein Aufsteigen der Wärme wahrnehmen wollte.

34) Dafs auf die bisher angezeigte Weise die vorliegende Frage nicht beantwortet werden könne, ist für sich klar, und im Allgemeinen mufs man bezweifeln, dafs dieses überhaupt möglich sey. Der einzige Weg, auf welchem man vielleicht zu diesem Ziele zu gelangen vermöchte, dürfte seyn, zu versuchen, ob die bei verschiedenen Mischungen der Körper frei oder latent werdende Wärme eine mefsbare Veränderung des Gewichts der Körper bewirkt. Am geeignetsten hierzu dürften Schnee und salzsaurer Kalk seyn, die beim Schmelzen eine so grofse Menge Wärme verschlucken, oder noch leichter Schwefelsäure und Wasser, die bei ihrer Vereinigung eine bedeutende Quantität Wärme abgeben, wäre es nur möglich, während dieser Processe das Hinzukommen oder Abgeben materieller Stoffe von

1 Pyrometrie. 6tes Hauptst. S.
2 Mém. de l'Acad. de Berlin. Ann. 1788 et 1789. Berl. 1793.

Digitized by Google

und nach aufsen gänzlich zu verhüten. Versuche dieser Art die jedoch in der genannten Beziehung eine strenge Kritik nicht bestehn, haben Moscati[1] und Ebel[2] angestellt, woraus hervorging, dafs die bei ihrer Vereinigung Wärme entbindenden Körper leichter, die Wärme bindenden dagegen schwerer wurden, wonach also die Wärme ein meſsbares Gewicht haben müſste. Ihre Versuche sind wohl unter allen die beachtenswerthesten und zeigen wenigstens die zu betretende Bahn wenngleich die dabei obwaltenden Schwierigkeiten unüberwindlich seyn mögen. Moscati, nicht befriedigt durch die Versuche des Bartholomäus de Sanctis[3], wog Schwefelsäure und Wasser einzeln, goſs sie dann zusammen und fand während der hierdurch entstehenden Erhitzung eine Zunahme des Gewichts, die nach dem Erkalten wieder verschwand. Thomas Ebel bediente sich einer Waage, die auf 0,25 Gr. einen Ausschlag gab, wog zwei Flaschen, die eine mit Wasser, die andere mit Schwefelsäure zur Hälfte gefüllt, mischte dann beide Flüssigkeiten mit Vermeidung jedes Verlustes durch Verdampfung und fand sie hiernach um 1,5 Gr. leichter, welches er dem Verluste durch die frei gewordene Wärme beilegte. Ferner vermengte er 11 Theile Salmiak, 10 Th. Salpeter, 16 Th. Glaubersalz, 32 Th. Wasser, alles 2 Unzen betragend, verstopfte sogleich das Gefäſs, trocknete es nachher wieder und fand 0,5 Gr. Gewichtszunahme. Man war demnach geneigt, dem Wärmestoffe Schwere beizulegen, bis die Aufgabe nach der Ansicht fast aller Physiker durch die bekannten Versuche Rumford's[4] zur definitiven Entscheidung gebracht wurde. Dieser füllte sogenannte Florentiner Phiolen mit Wasser, Weingeist und Quecksilber, verschloſs sie hermetisch, brachte sie auf einer feinen Waage, die noch 1 Milliontel des Totalgewichts anzeigte, ins Gleichgewicht, lieſs sie von 16°,11 C. bis — 1°,67 erkalten, wog sie dann wieder und fand ihr Gewicht ganz unverändert. Der Luftzug im Zimmer, das Ansetzen von Staub und Feuchtigkeit, so wie sonstige

1 Biblioth. Brit. T. XLVI. p. 403.

2 Medical Repos. 1805. Jan. Bibl. Brit. T. XXXVIII. 393.

3 Journ. de Phys. T. LXXII. p. 127.

4 Philos. Trans. T. LXXXIX. p. 179. G. V. 206. Scherer's Journ. Th. V. S. 53. Biblioth. Brit. T. XIII. p. 238.

Digitized by Google

störende Einflüsse waren sorgfältig vermieden, und da sich dennoch nicht der mindeste Unterschied des Gewichts zeigte, ungeachtet das Wasser in Folge seiner viel gröfseren specifischen Wärmecapacität ungleich mehr Wärme verlieren mufste, hauptsächlich aber durch das Gefrieren eine ausnehmende Quantität verlor, so schliefst Rumford mit Recht, dafs seine Waage, ihrer ausnehmenden Feinheit ungeachtet, ein wahrnehmbares Gewicht der Wärme anzuzeigen nicht vermochte. Die Versuche, gegen deren Genauigkeit sich nicht wohl Einwendungen machen lassen, sind allerdings wichtig, dafs sie aber die absolute Unwägbarkeit der Wärme dennoch nicht beweisen können, ist bereits oben nachgewiesen worden.

35) Neuerdings hat P. W. Holland[1] dieses Problem von einer eigenthümlichen Seite aufgefafst. Er giebt zu, dafs die feinsten Waagen das Gewicht der Wärme nicht anzugeben vermögen, denn ungeachtet z. B. beim Verbrennen von Knallgas eine so bedeutende Menge Wärme frei wird, so wiegt doch das Wasser genau so viel, als die Summe der beiden vereinten Gasarten. Nach seiner Ansicht aber kann die Wärme nicht schwer seyn, denn sie giebt kein Moment ihrer Bewegung, weil sonst die von der Sonne ausgehende und den Planeten zuströmende eine Störung der Bahnen dieser letzteren zur Folge haben müfste. Hierbei widerlegt er das sehr leicht sich darbietende Argument, dafs die überwiegende Anziehung der Himmelskörper dieses Hindernifs leicht überwinden könne, durch die ungleiche Dichtigkeit der verschiedenen Himmelskörper, die also hiernach einem gleichen Impulse ungleiche Flächen darbieten und somit einen Unterschied zeigen müfsten; allein es steht der Argumentation hauptsächlich entgegen, dafs ein solches vorausgesetztes Ausströmen der Wärme aus der Sonne noch gar nicht erwiesen worden ist, viel weniger aber die Geschwindigkeit einer solchen Bewegung; denn wenn man letztere der des Lichtes gleich setzt, so beruht dieses auf einer irrigen Vorstellung der Lichtbewegung, indem zwar die Lichtwellen mit der bekannten Geschwindigkeit fortschreiten, der Lichtäther selbst aber dabei ohne alle fortgehende Bewegung seyn kann und ohne Zweifel wirklich ist.

---

[1] London and Edinburgh Philos. Magazine. N. LV. p. 396.

Digitized by Google

36) Ein hierher gehöriger Versuch, welchen Pictet[1] Verbindung mit Sennebier anstellte, machte zu seiner Z viel Aufsehen, wurde aber nachher vergessen, weil die A merksamkeit der Physiker zu sehr durch die neu gestalte Erscheinungen des Voltaismus in Anspruch genommen wu obgleich es sich wohl der Mühe lohnen dürfte, ihn mit gel rigen Modificationen zu wiederholen. Pictet erhitzte im lu verdünnten Raume einen Messingstab in seiner Mitte durch Brennglas, und fand, dafs allezeit das obere Ende, welches auch dazu nehmen mochte, schneller und stärker warm wu als das untere, und er legt deswegen dem Wärmestoffe der Schwere entgegengesetztes Bestreben (*tendance anti-gra* bei. Gehler[2] meint, die gebrauchte Glasröhre, worin s der Stab befand, sey nicht vollkommen luftleer gewesen, es habe daher die aufsteigende verdünnte Luft dem obern En Wärme zugeführt, auch könne die Nähe des Luftpumpentell das untere Ende abgekühlt haben. Wie weit diese Erklärun genügend sey, läfst sich aus der Beschreibung des Versuc nicht genau bestimmen; auf jeden Fall war verdünnte Luft Raume vorhanden und mufste daher von der erwärmten M aufsteigen. Wünsch[3] hat eine ausführliche Erklärung dies Resultates versucht, die aber zu weitläuftig und zu wenig b friedigend ist, als dafs ich sie hier mittheilen sollte. Ungle richtiger und der Sache angemessener äufsert sich de Luc

1 Essais de Physique. Genève 1790. T. I. chap. 2. Versu über das Feuer. Aus d. Franz. Tüb. 1790. 8. Die Mitglieder der Ak demie del Cimento befestigten zwei Thermometer, deren Kugel et zwei Zoll von einander abstanden, die Scale des einen nach ob des andern nach unten gerichtet, in eine weite Glasröhre, welche der Mitte zwischen beiden Thermometerkugeln concav eingedrü war, verlängerten die weite Röhre durch eine hinlänglich lange e gere, und erzeugten vermittelst eingegossenen Quecksilbers und U kehrens ein Torricelli'sches Vacuum. In die Vertiefung der weite Röhre zwischen die Kugeln beider Thermometer wurde dann ein e hitzter Metallstab gehalten, und wirklich stieg das obere Thermom ter zuerst; allein darauf liefs sich die Folgerung einer aufwärts g richteten Tendenz der Strahlung nicht gründen, weil der Einflufs d Wandungen nicht vermieden war.

2 Wörterbuch. Th. IV. S. 549.

3 G. XXVI. 289.

4 Journ. de Phys. 1790. Nov. p. 232. Gren's Journ. Th. V S. 460.

Digitized by Google

ber dieses allerdings auffallende Verhalten der erwärmten Stange. r bezweifelt nicht, dafs sich dasselbe aus Naturgesetzen ge- igend erklären lasse, es berechtige aber als isolirte Erschei- ung noch nicht, ein eigenthümliches Emporstreben des Wär- estoffes anzunehmen, dessen negative Schwere überhaupt durch as unübersteigliche Argument widerlegt werde, dafs die Wär- e sonst die Erde verlassen müsse, gegen welche sie vielmehr avitire. Configliachi[1] hat diese Versuche wiederholt, in- em er verschiedene Metallstangen, jedesmal am untern und ern Ende mit Thermometern versehn, in eine weite Glas- hre brachte, in letztere inwendig oben und unten noch ein hermometer befestigte und sie auch auswärts mit zwei Ther- ometern versah, dann in dem entweder lufterfüllten oder bis f eine Linie Quecksilberhöhe exantlirten Raume den Focus ner 9zolligen Linse gegen die jedesmal gewählte Stange fallen efs und den Gang dieser 6 Thermometer nach bestimmten itintervallen aufzeichnete. Im Ganzen ergab sich, dafs an- heinend ohne Mitwirkung der Luftströmungen die Stangen en früher als unten Wärme annahmen und später wieder ab- ben.

37) Versuchen wir es, durch die vorliegenden Thatsachen i einer definitiven Entscheidung der Frage über die Schwere es Wärmestoffes zu gelangen, so ist es auf jeden Fall durch umford sehr unwahrscheinlich gemacht, dafs eine wirkliche Wägung der Wärme durch die zu Gebote stehenden Mittel öglich seyn sollte. Zu einer nochmaligen Wiederholung die- r Versuche kann man kaum rathen, weil der Wärmestoff rmuthlich zu fein ist, als dafs er überhaupt auf diese Weise wogen werden könnte, mehr liefse sich von viele Wärme ldenden oder frei machenden Mischungen hoffen. Damit e aber ihre Unwägbarkeit selbst im Falle blofs negativer Re- ate ebenso wenig erwiesen, als die instantane Bewegung des hts durch die älteren Bemühungen, dessen Geschwindigkeit fzufinden, da diese auf keine Weise bekannt geworden wäre, an man nicht Mittel gefunden hätte, sie in himmlischen umen zu mes sen. So viel läfst sich aber mit Gewifsheit be-

1 Brugnatelli *giornale* di Fisica, Chimica e Storia naturale. V. p. 59. *Die versprochene Fortsetzung dieser Abhandlung finde* h nicht.

stimmen, dafs die Wärme keine *negative Schwere* habe, d hiermit müfste zugleich eine Anziehung zur wägbaren Mat verbunden seyn oder nicht. Im ersten Falle würde es e grobe Inconsequenz seyn, ihr Anziehung zur wägbaren Mat beizulegen und unsere Erde von der letztern auszuschlief im zweiten müfste sie, für sich allein der negativen Schw folgend, sehr bald unsere Erde gänzlich verlassen. Berü sichtigen wir aber die ebenso bekannte als unleugbare That che, dafs die Wärme durch alle uns bekannte Körper fest halten wird, sofern sie keinen derselben augenblicklich verl sondern nur allmälig ausströmt, indem sie an die Umgebun übergeht, so mufs sie auch durch die ganze Erde zurückgeh ten werden, was man immerhin eine Gravitation nennen der Schwere vergleichen könnte. Inzwischen müfste die E während der mehrern Jahrtausende, in denen nach historis Beweisen sich ihre Temperatur nicht merklich geändert h sich mit der umgebenden Atmosphäre längst ins Gleich wicht gesetzt haben, um so mehr, als hierbei nicht blofs gewöhnliche Ableitung der Wärme in Betracht kommt, s dern auch das stete Aufsteigen der an der Erdoberfläche wärmten Luftschichten bedeutend mitwirkt. Unter diesen gebenen Umständen mufs es als räthselhaft erscheinen, dafs die Erde umgebende Wärmeatmosphäre nach oben an Inten so bedeutend abnimmt. Man sucht dieses daraus zu erklä dafs die aufsteigende und dadurch dünner werdende Luft n Wärme bindet; allein einestheils müfste sich dieses doch e lich ausgleichen, wie denn wirklich in den höchsten ein schlossenen Räumen die obern Luftschichten allezeit wä sind, als die untern, anderntheils ist oben[2] bereits erwi worden, dafs die Temperaturabnahme in der Höhe ungleich gr ist, als sie durch diese Ursache werden könnte. Nehmen dieses alles zusammen, so führt es einfach zu dem, kei Naturgesetze widerstreitenden, mit vielen anderweitigen scheinungen aber genau übereinstimmenden Resultate, wo unsere Erde gleichsam als Träger der gesammten, ihr zuge rigen Wärmemenge zu betrachten ist, die von ihr zurück halten nach innen die gröfste Intensität hat und sie als

1 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 572 ff.
2 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1043 ff.

Digitized by Google

mosphäre von nach oben abnehmender Dichtigkeit auf ähnliche Weise umgiebt, als die statische Elektricität einen geladenen Conductor oder die Luft selbst unsern Erdball. Hiernach müfste dann, sofern die Wärme nicht selbstständig für sich existirt, sondern von ganzen Körpern durch Attraction ebenso zurückgehalten wird, als von den Molecülen materieller Substanzen, an der Grenze der Atmosphäre der absolute Nullpunct statt finden, was mit anderweitigen Untersuchungen[1] sehr gut übereinstimmt; es würde jedoch keinen Widerspruch involviren, wenn sich die Anwesenheit von Wärme im Weltraume erweisen liefse, die wir uns dann von der unserer Erde zugehörigen als abgesondert existirend vorstellen müfsten. Hiervon wird weiter unten die Rede seyn. Die mitgetheilte Hypothese, wonach unserer Erde eine eigenthümliche, ihr zugehörende und sie umgebende Wärmeatmosphäre beigelegt wird, ist übrigens nicht neu, sondern von mehrern Schriftstellern bereits gelegentlich geäufsert worden, Barthol. de Sanctis[2] sucht aber aus verschiedenen Erscheinungen, die mir jedoch nicht genügende Beweiskraft zu haben scheinen, darzuthun, dafs die Wärme wirklich gegen die Erde gravitire, eine Meinung, wozu sich auch Le Sage und de Luc[3], Letzterer aus allerdings gewichtigen, aber nur seine eigenthümliche, im Ganzen ungenügende, Hypothese unterstützenden Gründen, bekennt.

C. Absoluter Nullpunct.

38) Wenn man das Wesen der Wärme auf bloſse Bewegungen oder Undulationen zurückführt, so müfste der Zustand völliger Ruhe zugleich das Aufhören aller Wärme, mithin die absolut gröfste Kälte herbeiführen, so wie der Schall und das Licht mit dem Aufhören der Wellenbewegung verschwinden. Hierin liegt das oben benutzte Argument gegen diese Hypothese, dafs sie durchaus keinen genügenden Grund davon angiebt, warum die hypothetischen Wärmewellen nie aufhören,

1 S. Art. *Meteorologie*; *Atmosphäre*. Bd. VI. S. 1989.

2 Biblioth. Brit. T. XLVI. Journ. de Phys. T. LXXII. p. 127. Bureau Bullet. des Sciences. 1811. Mai.

3 Journ. de Phys. 1790. p. 232. Gren's Journ. d. Phys. Th. V. S. 460.

Digitized by Google

sofern kein Körper absolut kalt ist, ungeachtet ihre Ten
turen so leicht und durch die verschiedensten Ursachen
stärkt und geschwächt werden. Nimmt man dagegen
Wärmestoff an, so mufs auch eine gänzliche Abwesenhei
selben mindestens in der Vorstellung, wenn auch nicht
Wirklichkeit, existirend zugestanden werden, und so
wohl alle diejenigen, welche von einem absoluten Null
reden, gröfserer Consequenz gemäfs als Anhänger eines
riellen Wärmestoffes betrachtet werden. Dafs die Null
unserer Thermometer keine absoluten sind, mithin über
kein eigentliches + und unter ihnen kein wirkliches
Wärme statt finde, ersieht jedermann sofort; es fragt sic
wie tief der absolute Nullpunct unter dem Zero unserer
mometer liegen möge, oder wie grofs die absolute Men
Wärme in Körpern von gegebener Temperatur nach irge
ner Scale gemessen seyn möge.

39) Als Wilke, Irvine und Andere die Erschei
des specifischen und latenten Wärmestoffes beachtet
mufsten diese Phänomene nothwendig die Vorstellung
nem vorhandenen Quantitativen erzeugen, und da sic
andern Erfahrungen die Entziehungen der Wärme ins
stimmte steigern liefsen, man aufserdem nicht wufste,
weit die Kältegrade steigen möchten, so führte dieses
der Frage, wie viele Grade unter dem Nullpuncte der
Thermometerscalen der absolute Nullpunct oder die gä
Abwesenheit aller Wärme liegen möge. Dafs die Bea
tung dieser Frage von hohem Interesse sey, unterliegt
Zweifel, allein die Mittel, um zu derselben zu gelange
höchst schwierig und haben sehr verschiedene Resultat
ben. Anfänglich suchte man den absoluten Nullpunct
Wärme zu bestimmen, die bei den Mischungen versch
Substanzen entwickelt wird. Crawford[1] fand ihn au
Weise bei — 821° C. Gadolin[2] nimmt im voraus a
derselbe bei — 777° liege, Dalton[3] aber nahm, als er das Ce

1 On animal Heat. p. 267. Ueber die thier. Wärme. U
v. Crell. S. 361.

2 Dalton neues System des chemischen Theils der Natur
schaft. Ueb. von Wolff. Th. I. S. 98.

3 G. XII. 316. Aus Manchester Mem. 1802. T. V. p. 595.

Digitized by Google

Ausdehnung elastischer Flüssigkeiten aufgefunden hatte, an, dafs die Repulsivkraft jedes Theilchens einer elastischen Flüssigkeit der vorhandenen absoluten Wärmemenge proportional sey, und dafs daher die Durchmesser der repulsiven Sphären jedes Theilchens sich wie die Kubikwurzeln des Raumesverhalten müfsten, den die ganze Masse einnimmt. Da sich aber die Luft von 55° F. bis 212° F. um 0,325 ihres Volumens ausdehnt, so müfsten ihre Wärmemengen sich wie $\sqrt[3]{1000} : \sqrt[3]{1325} = 10 : 11$ nahe genau verhalten und der absolute Nullpunct der Wärme daher bei — 1573° F. = — 874°,6 C. liegen, was allerdings mit Crawford's Annahme sehr genau übereinstimmt[1].

Später hat Dalton[2] dieses Problem ausführlich untersucht, ist aber blofs dabei stehen geblieben, den absoluten Nullpunct aus den specifischen Wärmecapacitäten der Körper, wie sie durch Mischungen zum Vorschein kommen, abzuleiten, wobei er bemerkt, dafs einige Gelehrte das absolute Zero bei — 500° C., andere bei — 4444° C. setzen, welcher enorme Unterschied das Vertrauen in die dabei zum Grunde liegenden Principien schon im voraus gänzlich aufheben mufs. Er selbst nimmt an, dafs, wenn w und W die Gewichte des kalten und warmen Körpers bezeichnen, c und C ihre Wärmecapacitäten bei diesen Temperaturen, M die Wärmecapacität der Mischung, n die Anzahl der erzeugten Wärme- oder Kältegrade und x die Anzahl von Graden bis zum absoluten Nullpuncte,

$$(cw + CW)x = (w + W)Mx \pm (w + W)Mn$$

sey, woraus also

$$x = \frac{(w + W)Mn}{(cw + CW) - (w + W)M}$$

gefunden werde. Um eine Anwendung dieser Formel zu zeigen, wählt er Wasser und Eis, beide bei 32° F. Zur Verwandlung des Eises in Wasser wird so viele Wärme erfordert, als hinreichen würde, eine gleiche Quantität Wasser um 150° F.

---

1 Crawford giebt diese Gröfse verschieden an. Die hier und oben angenommene ist — 1532° F., nach Henry aber beträgt sie nur 1460° F. S. G. XII. 561. XIV. 287.

2 Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Ueb. von Wolff. Berl. 1812. 2 Th. 8. Th. I. S. 96 ff.

Digitized by Google

wärmer zu machen, und da die Wärmecapacitäten beider F
sich wie 9:10 verhalten, so giebt die Formel den Werth
x oder den absoluten Nullpunct = 1500° F. = 833° C
ter dem Gefrierpuncte des Wassers. Dalton hält diese
sultat nicht für genau, weil die Wärmecapacitäten der
Körper nicht mit gehöriger Schärfe bestimmt seyen. Er
daher den absoluten Nullpunct aus andern Mischungen he
mentlich aus der von Schwefelsäure und Wasser, Kali
Wasser, Salpetersäure und Kalkerde; ferner aus dem Ve
nen von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, von Phosphor,
kohlen, Oel, Wachs, Talg, Aether u. s. w. Um zu
wie wenig Vertrauen diese Methode einzuflößen im
sey, setze ich die durch Mischung von Schwefelsäu
Wasser in verschiedenen Verhältnissen aus Gadolin's
chen erhaltenen, unter sich ausnehmend abweichenden Re
nach Fahrenheit's Scale einzeln her, wobei W und w n
obigen Formel die Gewichte der Säure und des Wasse
zeichnen, die specifische Wärme des Wassers aber =
die der concentrirten Schwefelsäure = 0,339 angenommen
den ist.

W	w	n	M	x
4	1	194°	0,442	2936° F.
2	1	203	0,500	1710 —
1	1	161	0,605	1510 —
1	1	108	0,749	2637 —
1	1	51	0,876	3230 —
1	1	28	0,925	1740 —

Das Mittel aus allen diesen Resultaten ist 2300° F. oder 1
Dalton's eigene Versuche geben unter einander min
weichende Resultate. Zuvor wurde die specifische Wä
pacität der stärksten, hierbei angewandten Schwefelsäu
1,855 spec. Gewicht = 0,33 gefunden, und p bezeichn
das spec. Gewicht der Mischung; die übrigen Bezeich
wie oben.

W	w	p	n	M	x
5,77	1	1,78	160°	0,420	6400° F
1,60	1	1,52	260	0,553	4150 —
1,00	2	1,25	100	0,764	6000 —

Alle Versuche, wobei n kleiner ist, als 100° F., hält D

Digitized by Google

für ungenügend, weil der Unterschied zwischen der beobachteten Capacität der Mischung und der mittleren Capacität zu gering ist. Wird allen diesen Versuchen ein gleiches Gewicht beigelegt, so ist der mittlere Werth von x = 5517° F. oder 3065° C. Stellen wir alle durch DALTON erhaltene Gröfsen zusammen, so wurden folgende höchst abweichende Resultate erhalten:

Wasser und Eis	1500° F.
Schwefelsäure und Wasser . .	2300 —
desgleichen	5517 —
Kalk und Wasser	4260 —
Kalk und Salpetersäure . . .	15770 —
desgleichen	11000 —
Verbrennen des Knallgases . .	5400 —
Verbrennen der Holzkohle . .	6000 —
Verbrennen des Oels	6900 —
Verbrennen des Phosphors . .	5400 —
Verbrennen des Aethers . . .	6000 —

Das Mittel aus allen diesen ist 6368° F. oder 3537° C., DALTON findet aber aus den von ihm aufgenommenen Werthen im Mittel 6150° F. oder 3415° C., setzt dieses auf 6000° F. oder 3333° C. herab und glaubt dadurch der Wahrheit mindestens sehr nahe gekommen zu seyn.

40) Gegen DALTON's erste Bestimmung des absoluten Nullpunctes aus der Ausdehnung der Luft wurden Einwendungen gemacht[1], weil die Luft sich durch höhere Wärmegrade weniger, als durch niedrigere ausdehne, wie DALTON selbst gefunden haben wollte, allein Letzterer widerlegt diese durch das Argument, dafs die Grade des Quecksilberthermometers die wirklichen Wärmezunahmen nicht genau mäfsen, ein oft venütirter Satz, dessen weitere Erörterung jedoch nicht hierher gehört. Die später aus den Mischungen erhaltenen Resultate verwirft BENZENBERG[2] deswegen, weil gute und schlechte Beobachtungen zusammengenommen seyen, und überhaupt bei Versuchen dieser Art chemische Wirkungen der verschiedenen zusammengesetzten Körper auf einander in Conflict kämen, deren

1 Nicholson's Journ. T. IV. p. 221.
2 G. LXI. 369.

Digitized by Google

Einfluſs sich nicht wohl sondern lasse. Allerdings ist die Ungleichheit der einzelnen Bestimmungen höchst auffallend Benzenberg glaubt sogar, daſs Dalton die aus Wasse Eis gefundene Gröſse vernachlässigt, eine Bestimmung aus ser und Dampf aber gar nicht gesucht habe, weil er im für die Gröſse — 6000° F. eingenommen gewesen sey. zenberg giebt dagegen der Methode, den absoluten Null aus den Wärmecapacitäten zu berechnen, einen entschie Vorzug. Ist demnach die Capacität des Eises c = 9 Capacität des Wassers C = 100, die Menge der Wärme, che durch den Uebergang des Eises zu Wasser versc wird, n = 66°,6 R. und x der Abstand vom absoluten puncte in Graden derselben Scale, so ist Cx — cx = C

$$\text{also } x = \frac{Cn}{C-c} = 666° \text{ R.} = 832°,5 \text{ C.}$$

und werden hiervon die 66° R., die beim Gefrieren frei w abgezogen, so folgt das absolute Zero = 600° R. = 750° C. auf gleiche Weise die Capacität des Wassers c = 10 des Dampfes = 155 und die Menge der latent werdenden me n = 420° R. gesetzt wird, so hat man

$$x = \frac{Cn}{C-c} = \frac{155 \times 420}{155 - 100} = 1184° \text{ R.}$$

Hiervon 420°, die beim Dampfe latent werden, und 66 beim Wasser latent werden, endlich die 80° vom Sied des Wassers bis zum Gefrierpuncte desselben abgezogen den absoluten Nullpunct bei — 618° R. oder — 772 Eis und Wasserdampf giebt auf gleiche Weise

$$x = \frac{Cn}{C-c} = \frac{155 \times 486,6}{155 - 90} = 1160° \text{ R.,}$$

wovon 420° und 66° und 80° abgezogen 594° R. = C. geben. Aus dem Verhalten des Wassers in diese Fällen geht also in nicht sehr von einander abweichende sultaten die mittlere Bestimmung des absoluten Nullpunct 604° R. oder 755° C. hervor. Um die Zulässigkeit diese thode weiter zu prüfen, müſsten auch mit andern Körpern suche angestellt werden, und Benzenberg erwartete hi allerdings Uebereinstimmung, wenn nur die zur Berech erforderlichen Gröſsen mit hinlänglicher Sicherheit ausge wären; allein dieses ist bis jetzt noch nicht thatsächlic wiesen. Uebrigens ist das Princip, worauf diese Bestim

Digitized by Google

ruht, sehr einfach, und gegen die Zulässigkeit desselben läfst ch wohl nicht füglich etwas einwenden, vorausgesetzt, dafs ntweder überhaupt, oder mindestens bei diesen Versuchen eine anderen Wirkungen der Wärme auf das Thermometer zum Vorschein kommen, als welche auf quantitativer Vermehrung oder Verminderung beruhen. Sollte sich dagegen erweisen lassen, wie mir nicht zu bezweifeln scheint, dafs es auch andere, auf blofsen Undulationen beruhende, Wirkungen der Wärme giebt, so würde hierdurch die Zulässigkeit des aufgestellten Princips mindestens zweifelhaft werden, und auf jeden Fall wären alle solche Versuche für diese Bestimmung unzulässig, in denen stark einwirkende chemische Thätigkeiten solche Undulationen hervorrufen könnten.

41) Von den Untersuchungen, an welche Flaugergues[1] die Bestimmung des absoluten Nullpunctes knüpft, setze ich blofs das Endresultat her. Hiernach ist das Verhältnifs der absoluten Wärme des siedenden Wassers zu der des schmelzenden Eises = 137168 : 100000, welches die Proportion giebt:

$$37168 : 100000 = 80° : 215°,241,$$

und da sich das Quecksilber um $\frac{1}{5000}$ für jeden Grad R. ausdehnt, so liegt der absolute Nullpunct 209° R. oder 261°,25 C. unter dem Puncte des schmelzenden Eises. Desormes und Clément[2] haben bei ihren gehaltreichen Untersuchungen über die specifischen Wärmecapacitäten der Gase gleichfalls den absoluten Nullpunct zu bestimmen gesucht. Nach ihrer Ansicht sind die Veränderungen der Temperatur im reinen Raume den Veränderungen der absoluten Wärmemengen proportional. Ist daher die absolute Wärmemenge des Raumes für zwei Temperaturen, z. B. 18° und 98° C., gegeben, deren Unterschied 80° beträgt, und ist aus den Resultaten ihrer Versuche bekannt, dafs Luft von 18° in den leeren Raum von 18° dringend bis 102°, Luft von 98° aber, den leeren Raum von gleichfalls 98° erfüllend, nach gehöriger Reduction der Capacität bis 132°,24 erwärmt wurde, so folgt hieraus, dafs der Unterschied der im Raume befindlichen Temperaturen von 98 — 18 = 80° in der Luft bei gleicher Capacität eine Wärme von 132,24 — 102 = 30°,24 C.

---

1 Journ. de Phys. T. LXXVII. p. 290.
2 Ebend. T. LXXIX. p. 321. 343.

Digitized by Google

erzeugt. Nennen wir also x die absolute vorhandene Wärmemenge bei 18°, so erhalten wir die Proportion:

$$x^{\circ} : 80^{\circ} = 102^{\circ} : 30^{\circ},24,$$

woraus $x = 269^{\circ},8$ folgt. Man gelangt durch folgende Betrachtung zu einem gleichen Resultate. Die Temperaturen verhalten sich umgekehrt, wie die Wärmecapacitäten. Hiernach verhält sich die des Raumes zu der der Luft, wie das Maximum der erhaltenen Wärmevermehrung zu der absoluten Temperatur. Die bei 12°,5 angestellten Versuche gaben die für diesen Ausdruck erforderlichen Werthe, nämlich

$$400 : 100 = 112^{\circ} : x,$$

woraus $x = 280^{\circ}$ gefunden wird und also die vorhandene absolute Wärme für den Punct des schmelzenden Eises $280^{\circ} - 12 = 267^{\circ},5$ C. betragen mufste. Die später zu erwähnende, aus der Ausdehnung der trocknen Luft gefundene Gröfse ist bekanntlich[1] — 266°,66, und es mufs dabei auffallen, dafs beide aus dem Verhalten der Luft erhaltene Bestimmungen ebenso genau mit einander übereinstimmen, als die drei aus dem Verhalten des Wassers und Dampfes durch Benzenberg entnommenen.

42) Suckow[2] bleibt ganz einfach bei dem eben erwähnten, durch Dalton gleichfalls in Anwendung gebrachten Satze stehen, dafs der absolute Nullpunct aus den specifischen Wärmecapacitäten abgeleitet werden könne. Diesem gemäfs setzt er die des Eises = 0,9, wenn die des Wassers = 1 ist, und glaubt das Eis bei seinem Uebergange zum Wasser 140° F. Wärme verschlucken, so müsse die Wärmemenge im Wasser bei 32° $10 \times 140^{\circ} = 1400^{\circ}$ F. oder 777° C. betragen; man kann jedoch das Princip, worauf diese Bestimmung gegründet ist, nicht für zulässig erkannt, und auf jeden Fall ermangeln die hierbei zum Grunde liegenden Gröfsen der erforderlichen Genauigkeit.

43) Zur Bestimmung des absoluten Nullpunctes habe ich selbst das Verhalten des Wasserdampfes benutzt. Bekanntlich

---

1 Den unbedeutenden Unterschied, welcher aus Rudberg's neu aufgefundenem Coefficienten der Ausdehnung trockner Luft hervorgeht, glaube ich hier nicht beachten zu müssen. Vergl. *Wirkungen der Wärme.*

2 Anfangsgründe der Physik und Chemie. Bd. I. §. 620.

Digitized by Google

t die Summe der latenten und sensibeln Wärme in demsel-
en = 640° C., und wenn er daher die Temperatur des ge-
ierenden Wassers hat, mithin das Thermometer keine positiven
Grade sensibler Wärme anzeigt, so beträgt seine latente Wär-
me 640°, worauf man den Schluſs bauen könnte, daſs der ab-
solute Nullpunct der Wärme nicht höher, als diese Gröſse
liegen könnte[1]. Bei der Aufstellung dieses Satzes ist sogleich von
mir bemerkt worden, daſs derselbe nicht über alle Einwendungen
haben sey, und wirklich ist er auch durch BRANDES[2] im All-
emeinen als zweifelhaft angefochten worden; merkwürdig ist aber,
aſs diese Bestimmung mit den durch DALTON und BENZENBERG
us dem Verhalten des Wassers gefundenen sehr nahe über-
instimmt. Die Aufgabe führt genau erwogen zu folgenden
Betrachtungen. Könnte zuvörderst auf diesem Wege der ab-
olute Nullpunct der Wärme ausgemittelt werden, so müſste
ie latente Wärme in den Dämpfen aller verschiedenen tropf-
aren Flüssigkeiten gleich seyn, sofern jene Bestimmung vor-
ussetzt, daſs dadurch die ganze Menge vorhandener Wärme
eggenommen werde und also überhaupt keine mehr vorhanden
ey. Da aber die Summe der latenten Wärme in den ver-
chiedenen Dämpfen, jeder bei 0° C. Temperatur genommen,
ungleich ist[3], so liegt hierin ein bedeutendes Argument gegen
die Zulässigkeit des ganzen Satzes. Derselbe läſst sich aber
noch auſserdem auf folgende Weise anfechten. Die latente
Wärme von 640° C. des Wasserdampfes bei der Temperatur
des schmelzenden Eises ist nach der gangbaren Theorie die
Summe der Wärmemolecüle, welche die Molecüle des Wassers
angeben und sie im Zustande der Expansion erhalten. Denkt
man diese als weggenommen, so würden die Molecüle des
Wassers einander so nahe kommen, daſs sie eine tropfbare Flüssig-
keit bildeten, die aber noch 75° C. Wärme abgeben müſste,
um in Eis verwandelt zu werden, welches dann aber noch eine
bedeutende Wärmemenge bis zum absoluten Nullpuncte ent-
halten muſs. Die Bestimmung des absoluten Nullpunctes würde
also hiernach bloſs auf dem Aggregatzustande des Wasserdam-
pfes beruhn, was offenbar unzulässig ist.

---

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 297.
2 Recension meines Handbuches. In Leipz. Lit. Z. 1829.
3 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 291.

Digitized by Google

44) Diese Betrachtungen geben einen sehr guten A
punct zur Beurtheilung der sonst versuchten Lösunge
ses Problems. Joh. Tob. Mayer[1] nimmt an, der a
Nullpunct liege 266°,25 C. unter dem Puncte des schmel
Eises, eine Gröfse, die aus den Gesetzen der Ausdehnun
pansibeler Flüssigkeiten durch Wärme entnommen ist u
her mit den sonstigen, ebendaraus abgeleiteten Bestimm
genau übereinstimmt. Desormes und Clément[2], indem
dem durch Gay-Lussac gefundenen Gesetzen ausgingen, d
expansibelen Flüssigkeiten sich um 0,00375 ihres Vol
durch jeden Centesimalgrad Wärme ausdehnen, und dies
setz durch eigene Versuche bei den Luftarten sowohl, al
bei Wasserdampf bestätigt fanden, glaubten, dafs diese
halten durch die Wesenheit der Gase bedingt seyn müss
dafs also, da dieselben sich für 1° C. um $\frac{1}{266{,}66}$ ihres
mens ausdehnen und von 0° C. ausgehend sich um
viel zusammenziehen, die Grenze dieser Zusammenziehu
$\frac{266{,}66}{266{,}66}$ liegen müsse, folglich tiefer herab keine weitere Z
menziehung und keine weitere Erkaltung möglich sey.
nach fällt also der absolute Nullpunct bei — 266°,66 C
argumentiren ferner auf folgende Weise. Nimmt man ei
lumen Gas bei 0° C. als Einheit und dehnt sich dieses
1° C. um $\frac{1}{266{,}66}$ seines Volumens aus, so wird es bei 2
das doppelte Volumen einnehmen. Hiernach ist also die
der Wärme, welche das Volumen des Gases um die
vermehrt, genau so grofs, als diejenige, welche die urs
lich vorhandene Einheit giebt, und da für die Wärme im V
= 2 die von 0° C. hinzugekommene 266°,66 beträgt, s
in der ursprünglichen Einheit des Volumens gleichfall
Menge Wärme = 266°,66 enthalten seyn. Hiernach
also die in der Luft bei 0° Temperatur enthaltene
266°,66 und der absolute Nullpunct liegt also bei — 2
der Centesimalscale. Es ist allerdings auffallend, dafs
Gröfse mit der oben nach einer andern Methode gefu

1 Comment. de vi elast. vaporum cet. p. 29.
2 Journ. de Phys. T. LXXXIX. p. 324.

Digitized by Google

= — 267°,5 C. so genau übereinstimmt; allein beide sind auf das Verhalten der Luft gegründet. Nachdem aber LAPLACE[1] ich gleichfalls dafür erklärt hatte, dafs auf diese Weise der bsolute Nullpunct gefunden werde, wurde dieser Satz als unbestreitbares Axiom angenommen, und die Physiker gebrauchten daher allgemein die Bestimmung von — 266°,67 zur Bezeichnung eines Zustandes gänzlicher Abwesenheit aller Wärme. Setzt man mit RUDBERG die Ausdehnung der trocknen Luft ür 1° C. im Mittel = 0,00363, so giebt $\frac{1}{0{,}00363} = 275$ den bsoluten Nullpunct der Wärme bei — 275° C., welcher Unterschied nicht sehr bedeutend ist.

45) Wie allgemein man auch diese Bestimmung als genügend angenommen hat, so führt doch die oben angestellte Betrachtung sehr einfach auf diejenigen Argumente, welche die ichtigkeit derselben darthun. Die aufgefundene Gröfse von 66°,67 (um bei dieser bisher üblichen stehen zu bleiben) ist ichts weiter, als das Mafs derjenigen Wärme, welche dem gegebenen Volumen der Luft bei gleichbleibendem äufseren Drucke ugehört und, man möge sagen, dieses bedingt. Wird die Wärme eines gegebenen Luftvolumens, von irgend einem Puncte eder Thermometerscale ausgehend, um 266°,66 C. vermehrt, so wird dasselbe bis zum zweifachen ausgedehnt, und hätte man daher, da die Thermometergrade unter 0° der Centesimalcale keine absolut negativen sind, ein Luftvolumen bei — 266°,66 ., so würde dasselbe durch Hinzukommen von 266°,66 C. zum oppelten wachsen, dieses neue Volumen bei 0° C. aber wieer als Einheit genommen würde durch das Hinzukommen von 66°,66 abermals bis zum doppelten vermehrt werden. Hierach müfste also ein Luftvolumen bei 0° C. durch Entziehung on 266°,66 C. auf die Hälfte herabsinken, ohne dafs hieraus in Uebergang in einen andern Aggregatzustand, als den expanibelen, folgte. Nach der Analogie vieler Naturerscheinungen mufs aber jede expansibele Flüssigkeit durch Entziehung einer inlänglichen Wärmemenge zuerst tropfbar-flüssig werden und ann, oder auch unmittelbar, in den Zustand der Festigkeit bergehn, ohne in einem von diesen Zuständen ganz frei on Wärme zu seyn. Nicht blofs der Erfahrung gemäfs, son-

[1] Mécan. Cel. T. V. p. 92 u. a. a. O.

Digitized by Google

dern auch nach jeder Theorie der Wärme, namentlich aber n der, wozu sich Laplace bekennt, mufs jeder Körper du Entziehung aller Wärme nicht blofs in den Zustand der stigkeit übergehn, sondern auch seine absolut gröfste Dich keit erhalten. Die Täuschung bei dem Principe, nach welch der absolute Nullpunct gefunden ist, liegt also darin, dafs d blofs diejenige Wärme aufgesucht wird, welche das Volu der Gasarten unter gleichbleibendem Drucke bedingt, ohne d die nothwendig eintretende Veränderung des Aggregatzustan zu berücksichtigen.

46) Hieraus folgt nach meiner Ueberzeugung unwid sprechlich, dafs auch die, namentlich von den französisc Physikern und wohl allgemein mit so grofsem Beifall auf nommene, Bestimmung des absoluten Nullpunctes ungenüg ist, und somit bleibt also auch dieses wichtige Problem ei künftigen Lösung vorbehalten. Unter den verschiedenen M thoden, welche zur Beantwortung der vorliegenden Frage an wandt worden sind, scheint mir die von Benzenberg, nach d Vorgange der früheren Physiker, gewählte den Vorzug zu verd nen, weil sie einen hierzu vorzugsweise geeigneten Körp das Wasser, in seinen drei verschiedenen Aggregatformen z Grunde legt, und ich glaube, dafs hiernach der absolute Nul punct weit richtiger bei — 600° R. oder — 750° C. un dem Gefrierpuncte des Wassers im genäherten Werthe gese wird[1], als nach der fast allgemein üblichen Bestimmung bei 266°,67 C.

D. Ursprung der Wärme.

47) Alle Körper haben, ohne den Einflufs specieller Ur chen, die Temperatur ihrer Umgebung, d. h. die Aeufser

1 Dürfte man diese Bestimmung als genau betrachten, so betrü die *Höhe der Atmosphäre* nach Bd. VI. S. 1995 = (750 + 25) × 6 Fufs = 20 geogr. Meilen, und etwas geringer, wenn man eine mit d Höhe wachsende Abnahme der Wärme in Folge einer gewissen Co vitation derselben gegen die Erde annehmen wollte, eine mit and weitigen Thatsachen wohl vereinbare Bestimmung. Die Dichtigkeit d Luft würde nach dem Mariotte'schen Gesetze dort etwa 2 Hunde milliontel betragen, was man als eine verschwindende Gröfse betrac ten kann. Vergl. Bd. I. S. 451.

Digitized by Google

ihrer Wärme, die man auch *sensibele Wärme* nennen könnte, ofern sie auf verschiedene Weise sinnlich wahrgenommen wird, st der ihrer Umgebungen vollkommen gleich, wie dieses noth- wendig der Fall seyn mufs, wenn man einen elastisch-flüssigen Wärmestoff annimmt, welcher sich daher nach allen Seiten hin ins Gleichgewicht setzt. Ueber die absolute, in ihnen dann vorhandene Wärme können wir hiernach nicht urtheilen, theils weil uns der absolute Nullpunct der Wärme nicht bekannt ist, theils weil auch, wenn dieser bekannt wäre, die specifische Wärmecapacität der verschiedenen Körper einen Unterschied herbeiführen würde. Häufig aber nimmt diese Aeufserung ihrer Wärme zu oder ab; wir nennen die Körper hiernach wärmer oder kälter und nehmen an, dafs sie mehr oder weniger Wärme besitzen, als ihre Umgebungen. Beide Zustände können nur dadurch hervorgerufen werden, dafs sich entweder die Wärme in den Körpern selbst entwickelt, oder dafs sie ihnen von aufsen zugeführt wird, wobei für die Erkaltung das Entgegen- gesetzte statt findet. Lassen wir vorläufig die Zuführung und Ableitung der Wärme, das Abgeben oder Entziehen derselben durch andere Körper unberücksichtigt (wobei zugleich die Ge- setze des Ueberganges der Wärme von einem Körper zum an- dern in Betrachtung kommen, welches gesammte Verhalten in einem eigenen Abschnitte über *Wärmeleitung* untersucht wer- den soll), so lassen sich die verschiedenen Arten der Wärme- erregung unter folgende Hauptclassen bringen: 1) durch die Sonnenstrahlen; 2) durch Zusammendrückung und Reibung; 3) durch Verbindung heterogener Stoffe, kurz ausgedrückt durch Chemismus; 4) durch vegetabilischen und animalischen Lebens- procefs; 5) durch Elektricität. Wir wollen diese verschiede- nen Arten einzeln untersuchen.

1) Wärmeerregung durch die Sonne.

48) Die Strahlen der Sonne, oder überhaupt das Sonnen- licht, erzeugen Wärme, mögen sie direct oder nur nach Refle- xion auf die Körper fallen, und zwar eine ihrer Intensität stets proportionale, mithin eine fast unmerkliche, wenn sie durch die obwaltenden Bedingungen sehr geschwächt sind. Um daher zu prüfen, ob die Intensität des Lichtes noch stark genug zur Erzeugung sehr geringer Grade von Wärme sey, dient haupt-

Digitized by Google

sächlich Leslie's *Differentialthermometer* von der ob
schriebenen Construction[1], wodurch man sich überzeugen
dafs selbst das blofse Tageslicht in nördlich gelegenen Zi
also ohne directen Einflufs der von der Sonne unmittelba
fallenden Strahlen, noch eine geringe Vermehrung der T
ratur bewirkt.

Dafs die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen na
Durchsichtigkeit des Mediums, durch welches sie dringe
der Beschaffenheit der Körper, auf welche sie fallen, ve
den sey, ist allgemein bekannt. Wenn wir von allen
Bedingungen abstrahiren, so ergiebt die Erfahrung, d
Menge der erzeugten Wärme der Menge der in gleich
ten auffallenden Lichtstrahlen oder der Gröfse der sie
genden Fläche proportional sey[2]. Die Intensität der
ten Wärme kann daher ausnehmend vermehrt werden,
man die Summe der auf eine gegebene Fläche fallende
nenstrahlen auf eine ungleich kleinere concentrirt, wor
Wirkung der Brennlinsen und Brennspiegel gegründ
Diese Verkleinerung beruht auf der Brennweite der Spie
Linsen und beträgt den 215. Theil derselben[4], oder = (
f, wenn f die Brennweite bezeichnet. Heifst demnach
tensität der durch frei auffallende Sonnenstrahlen er
Wärme i, der im Brennraume I, die Chorde der Lins
des Spiegels D, so ist

---

1 S. Art. *Thermometer.* Bd. IX. S. 994.

2 Nach Fourier in Ann. de Chim. et Phys. besitzen alle
Wärme, die sie aus dem Weltraume oder durch die Sonne
erhalten. Sie ist der Entfernung von der Sonne umgekehrt
tional und manchen andern Bedingungen unterworfen. An d
ist daher bei allen Planeten die Wärme gleich und beim U
die ganze Oberfläche nicht wärmer. Die Richtigkeit dieser Be
möge auf sich beruhn.

3 Richmann stellte unlängst eine Reihe von Versuchen
das Verhältnifs der Hitze im Lichtkegel hinter Brennlinsen
schiedenen Entfernungen von der Glasfläche aufzufinden, allein
lang ihm wegen der grofsen obwaltenden Schwierigkeiten nich
hierüber noch über das Verhältnifs der blofsen und der durch
concentrirten Sonnenstrahlen hinsichtlich ihrer erwärmenden
einem sicheren Resultate zu gelangen. S. Nov. Comm. Soc.
T. III. p. 340. T. IV. p. 277.

4 Vergl. *Brennraum.* Bd. I. S. 1216.

Digitized by Google

$$I = i \frac{D^2}{(0{,}0093)^2 f^2} - k,$$

nn k denjenigen Verlust bezeichnet, welcher aus den Bedin-
ngen dieser Concentrirung nothwendig hervorgeht. Die er-
rmende Kraft der Sonnenstrahlen ist nach den verschiedenen
dingungen sehr ungleich (§. 50), inzwischen wird man sich
der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man sie zu 10°
annimmt[1]. Hat man demnach eine 9zollige Linse, deren
nnweite 18 Z. beträgt, so würde sich schon damit eine
ze von $10. \frac{81}{0{,}00008649 \times 324} = 28900°$ C. — k herausstel-

Man wird sich von der Wahrheit nicht merklich entfer-
, wenn man den Durchmesser des Brennraumes = 0,01 f
t, wodurch die Rechnung sehr erleichtert wird; allein die
ıfse k ist sehr schwer nur in genähertem Werthe bestimm-
denn es kommt dabei nicht blofs die Menge des Lichts in
achtung, die durch die Fläche des Spiegels oder die Sub-
z der Linse verloren wird und die man füglich mindestens auf
nschlagen kann[2], sondern auch diejenige, die aus der Be-
ffenheit des erzeugten Brennraumes nothwendig hervorgeht[3].
e mächtig wirkend daher auch manche berühmte Brennspie-
und Brenngläser seyn mögen[4], so bleiben doch ihre Wir-
ngen weit hinter den theoretisch gefundenen zurück. Um
zu grofse Dicke der Linsen zu vermeiden und dennoch die
nnweite kleiner zu machen, pflegt man hinter der gröfseren
se noch eine Collectivlinse, beider Axen in einer geraden
ie liegend, anzubringen. Eine solche verfertigte neuerdings
zu Islington für einen gewissen Parker, die grofse von
ngl. Fufs, die kleinere von 16 Z. Durchmesser, im Rahmen
2 F. 8,5 Z. und 13 Zoll, deren Wirkung zwar überra-
end war, doch aber der des Knallgasgebläses nachstand. Sie
sich jetzt in China befinden[5].

49) Die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen ist unter

1 Vergl. Hoffmann's Versuche in Lambert's Pyrometrie. S. 159.
2 So grofs war der Verlust, welchen die besten Linsen in den
suchen von Pouillet erzeugten. S. dessen Mémoire sur la chaleur
ire. Par. 1838. 4. p. 4.
3 S. Art. *Brennraum* a. a. O.
4 S. Art. *Brennglas* und *Brennspiegel*. Bd. I. S. 1205. 1217.
5 Laboratorium. Ht. XXVII. Taf. 107.

günstigen Umständen, selbst wenn sie nicht durch Bre
oder Brennspiegel concentrirt sind, ausnehmend grofs.
zu messen, hat der jüngere Herschel[1] einen eigenen
das *Aktinometer* (von *ἀκτὶν* der Strahl und *μετρέω* ich
erfunden. Dieses noch nicht allgemein in Gebrauch
mene Instrument ist ein Thermometer mit sehr grofsen
drischen Behälter und einer in willkürliche Theile g
Scale, an welcher auch die kleinsten Veränderunge
nehmbar werden, weswegen das Gefäfs mit einer Schra
sehen ist, damit durch deren Herunterlassen die Flüss
der Röhre wieder herabsinkt, um nicht überzufliefse
Gefäfs von farblosem Glase ist mit einer intensiv blau
sigkeit gefüllt, damit die eindringenden Sonnenstrahl
Fig. von innen erwärmen[2]. Die an die weitere Röhre anges
87. engere ist eine etwas weite Thermometerröhre, an der
Ende sich eine in eine feine Spitze ausgezogene Kugel
in welche die Luft dringen kann. Am untern Ende
ten Cylinders ist eine Messinghülse angekittet, durch
eine gut schliefsende Schraube mit einem kleinen Embo
welcher dazu dient, die Flüssigkeit mehr in die Höhe
ben. Die im Cylinder befindliche Flüssigkeit sche
Kämtz eine dunkelblaue Solution irgend eines Kupfer
seyn[3]. Wird die Spitze der obern Kugel, worin
befindet, mit etwas Wachs verschlossen, so hat man
empfindliches Thermometer, welches man mit einer S
sieht und in einem inwendig geschwärzten, durch ei
gelglasplatte gegen den Luftzug gesicherten Kasten
Vermittelst der Schraube und des Embolus kann man
äufsern Temperatur den Stand der Flüssigkeit so regul
sie weder in den Cylinder herabsinkt, noch in die Kug
steigt, wobei zugleich dafür gesorgt werden mufs, dafs
Luftblasen in der Flüssigkeit eingeschlossen befinden
man sich am besten durch einige Neigung des In

---

1 L'Institut. 1834. N. 74. Poggendorff's Ann. XX
Kämtz Meteorologie Th. III. S. 15. Ein hiervon verschiede
Pouillet angegebenes Aktinometer wird später beschrieben

2 Diese Apparate werden von Robinson in London, L
Street, Portland-Place verfertigt.

3 In der Regel schwefelsaures Kupferammoniak. S.
Edinb. Phil. Mag. N. XCV. p. 207.

Digitized by Google

erzeugen kann. Sind deren vorhanden, so entfernt man sie durch, dafs man die Flüssigkeit so lange in die Höhe schraubt, s ein Theil derselben und damit zugleich die Luftbläschen die obere Kugel treten, worauf man den früheren Stand, obei der Faden in der Thermometerröhre ungefähr bis in die itte reicht, wieder herstellt. Die Sonnenstrahlen müssen lothecht auf die Glasplatte fallen, damit der aliquote, durch diese latte verursachte Verlust sich stets gleich bleibt, eine Bedinng, die durch untergelegte Klötzchen leicht erreicht wird, enn man beachtet, dafs keine der unter sich parallelen Seiten s Kastens einen Schatten wirft[1]. Um mit dem Aktinometer beobachten, mufs man dasselbe zuvor eine Minute im Schatn am Beobachtungsorte hinlegen, damit es die Temperatur r Umgebung annehme, dann ebenso lange den Sonnenstrahlen ssetzen und sofort ebenso lange im Schatten liegen lassen. immt man das Mittel aus dem ersten und zweiten Stande sselben im Schatten und zieht dieses vom Stande desselben der Sonne ab, so hat man das Mafs für die Einwirkung der nnenstrahlen in einer Minute. Nach vielen Versuchen hat h das Instrument als zuverlässig und sehr empfindlich beährt.

Um die Grade des Aktinometers auf eine normale Gröfse zuückzuführen, hat Herschel[2] den Ausdruck *Aktine* vorgechlagen, dessen allgemeine Aufnahme er wünscht. Multiplicirt an die Scalentheile mit 6,1, so ist das Product die Strahlung Aktinen, d. h. derjenigen Strahlung, welche bei senkrechtem uffallen der Sonnenstrahlen hinreichen würde, um in einer inute mittlerer Zeit eine Eisschicht von einem Milliontel Meter icke zu schmelzen, wenn diese ihr in horizontaler Lage ausesetzt wäre. Als Beispiel zur Erläuterung führt er folgendes . Am 21. März wurden am Instrumente 36,4 Scalentheile gelesen, welches $36{,}4 \times 6{,}1 = 422{,}04$ Aktinen giebt. Eine eser gleiche fortdauernde Wirkung würde in 1 Minute 0,00022204 leter = 0,008742 Zoll Eis schmelzen, oder in einem mittlen Sonnentage 1,049 Fufs, also in einem Sideraljahre 338,16 afs. Die Oberfläche der ganzen Erde beträgt viermal den Durch-

1 Eine sehr weitläuftige Anweisung zum Gebrauche dieses Instrumentes ist den Offizieren bei der antarktischen Expedition ertheilt worden. S. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XCV. p. 207—214.

2 Poggendorff's Ann. XLI. 559.

Digitized by Google

schnitt des auf sie fallenden Sonnenstrahlencylinders, und da wirklich von der Erde empfangene Wärme gröfser ist, als je an ihrer Oberfläche beobachtete Maximum, so folgt, dafs jährlich auf unsere Erde fallende Sonnenwärme wenigstens e über ihre Oberfläche verbreitete Eisschicht von 84,54 F. schmelzen vermögen würde, wodurch zugleich ein Mafs Gesammtwirkung der Sonnenstrahlen gegeben ist.

50) Dafs die im Kasten erzeugte Wärme hierbei von E flufs sey, unterliegt keinem Zweifel; inzwischen ist dieser E flufs ein constanter, welcher bei einem blofs unter sich v gleichbare Resultate gebenden Apparate nicht nachtheilig s kann, vielmehr nur die Empfindlichkeit desselben erh Schon viel früher hat DE SAUSSURE[1] ein ähnliches, jed minder geeignetes, Instrument gebraucht, um die erwärme Kraft der Sonnenstrahlen zu messen, und ihm den Namen *liothermometer* gegeben. Dasselbe bestand aus einem Kästch von tannenen 0,5 Z. dicken Bretchen, im Innern 1 F. lang, 9 breit und ebenso hoch. Der ganze innere Raum war mit schwärzten, 1 Z. dicken Korkscheiben ausgefüttert und wu dann durch drei in Falzen verschiebbare, sehr durchsicht Glasscheiben verschlossen, welche in einem Abstande von 1,5 von einander eingeschoben wurden. Im Innern befand s ein Thermometer, welches den gerade auffallenden Sonne strahlen ausgesetzt war. Bei einem auf dem Gipfel des *Cr* mont angestellten Versuche stieg nach mehreren Stunden innere Thermometer bis 87°,5, ein zweites, aufsen am Kä chen befestigtes, bis 26°,2, ein drittes aber, 4 Fufs über d Boden den Sonnenstrahlen ausgesetztes, nur bis 6°,2. Unterschied beider Apparate besteht hauptsächlich darin, d im letzteren die Wärme sich in der längeren, mehrere Stun betragenden Zeit anhäufen soll, bis sie ihr Maximum erre hat, wobei aber die gleichzeitig statt findende Abkühlung aufsen sich nicht allezeit gleich ist, nicht zu rechnen, d während der langen Dauer des Versuches leicht anderwe modificirende Bedingungen eintreten können. Am wenig durch unbestimmbare äufsere Einflüsse bedingt sind die POUILLET[2] mit seinem *Aktinometer* (§. 95) angestellten V

1 Reisen durch die Alpen. Th. IV. S. 109. §. 932.
2 Mémoire sur la Chaleur solaire. Par. 1838. 4. p. 48.

Digitized by Google

iche, woraus hervorgeht, dafs nach den verschiedenen Verhält-
issen die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme die der
mgebung um 3° bis 64° übertreffen kann. Dagegen sah Ro-
ISON[1] bei einem ähnlichen Apparate, als dem von DE SAUS-
URE angegebenen, das Thermometer in den Sonnenstrahlen
uweilen bis 110°, ja sogar bis 114° C. und dem Scheine
ines sehr hellen Feuers ausgesetzt bis 100° C. steigen. Ue-
rigens sind die häufig vorkommenden Angaben über den Un-
rschied der Thermometerstände in den Sonnenstrahlen und im
hatten ohne eigentlichen wissenschaftlichen Werth, da sie
keinem bestimmten Gesetze führen, weil stets neue einflufs-
che Bedingungen einwirken. Dahin gehört, dafs die metal-
che Oberfläche des Quecksilbers die Lichtstrahlen weit mehr
rückwirft, als die des Weingeistes; bei beiden Arten von
hermometern kommt aber die Durchsichtigkeit des Glases der
ugel sehr in Betracht und endlich der Wind, welcher die
ärme ableitet. Unter die genauern Versuche dieser Art ge-
ren die von FLAUGERGUES[2] in grofser Menge angestellten,
denen auch die letztere Bedingung berücksichtigt ist. Als
uptresultat ergiebt sich aus ihnen, dafs die Jahreszeiten kei-
n sehr merklichen Einflufs auf den Unterschied der Thermo-
eterstände in der Sonne und im Schatten äufsern, wohl aber die
Winde, gleichviel in welcher Richtung zu den auffallenden
onnenstrahlen sie wehen. Bei vollkommener Windstille war
r *Unterschied* im Winter 10°,89, im Sommer 10°,94 C.

51) Einen sehr schätzbaren Beitrag zur Bestimmung der
värmenden Kraft der Sonnenstrahlen verdanken wir den Be-
hungen RUMFORD's[3]. Dieser liefs sich von dem bekannten
ptiker LERREBOURS zwei ganz gleiche biconvexe Linsen von
Z. Oeffnung und 11 Z. 6 Lin. Brennweite verfertigen, fafste
in einen nach allen Richtungen durch Charniere bewegli-
n Rahmen und umgab beide mit einem genau 3,5 Z. wei-
n Ringe von polirtem Messing, um durch sie zwei Licht-
gel von ganz gleicher Basis zu erhalten. Hinter den Schirm
llte er auf beweglichen Stativen zwei flache, gleichfalls völlig

1 BLACK Lectures. T. I. p. 547.
2 Journ. de Phys. T. LXXXVII. p. 256.
3 G. XX. 177. Journ. de Phys. T. LXI. p. 32. Aus Mém. de
ist. T. VI. p. 123.

Digitized by Google

gleiche Behälter von Messingblech, deren Seiten 3 Z. 10,5 L
Durchmesser hatten, während die Dicke des eingeschlossen
mit Wasser gefüllten Raumes 0,5 Z. betrug. Sie waren a
wärts blank polirt, die eine Fläche aber mit Lampenrufs üb
zogen; die Quantität des Metalles und des eingegossenen W
sers war bei beiden gleich; auch enthielten beide möglic
gleiche, in das Wasser eingesenkte Thermometer. Beide G
fäfse stellte er in ungleicher Entfernung so hinter die Lin
dafs durch gehörige Bewegung des Apparats die Axen
Lichtkegel anhaltend auf die Mitte der geschwärzten Fläc
fielen, und mafs die Zeiten, in welchen ihre Temperaturen
zu gleichen Graden stiegen. Hierbei zeigte sich, dafs b
Gefäfse in gleichen Zeiten gleiche Zunahmen der Wärme
hielten, die Durchschnittsflächen der auffallenden Lichtk
mochten gröfser oder kleiner seyn, z. B. bei einem Versu
als der Durchmesser des Sonnenbildes auf der einen Flä
6 Lin., auf der andern 24 Lin. betrug; ja es war dieses s
der Fall, als das eine Gefäfs 1 Zoll diesseit, das andere
jenseit des Brennpunctes stand; als aber die eine Linse w
genommen war und ein dem früheren gleicher Lichtkegel a
fiel, war die erzeugte Erwärmung ungleich stärker[1]. Rumfo
zieht hieraus den Schlufs, dafs die Quantität Wärme, welche du
die Sonnenstrahlen erregt und mitgetheilt wird, unter al
Umständen der Quantität Licht gleich ist, die verschluckt w
Diesemnach ist also, wie oben bemerkt wurde, die absol
Menge der durch Brenngläser und Brennspiegel erzeugten Wä
kleiner, als die durch freie Lichtcylinder von gleicher Gru
fläche hervorgebrachte, und die blofs scheinbare Vermehr
ist Folge der starken Concentrirung auf einen ungleich klei
ren Raum. Hier kann auch noch die durch Flaugergu
bei Gelegenheit der Sonnenfinsternifs im J. 1820 gemachte Be
achtung erwähnt werden, wonach die Sonnenstrahlen eine g
che erwärmende Kraft besitzen, sie mögen vom Rande
aus der Mitte der Sonne kommen.

52) Um die verschiedenen Bedingungen, welche in

---

1 Aus Melloni's demnächst zu erwähnenden Versuchen folgt
ses nothwendig, denn das Glas ist in einem weit höheren Grade
phan als diatherman (§. 311).

2 Journ. de Phys. T. XCII. p. 435.

Digitized by Google

ehung auf die Erregung der Wärme durch die Sonnenstrahlen u berücksichtigen sind, übersichtlicher darzustellen, wollen wir ie einzeln untersuchen, so weit sie sich von einander abgeondert darstellen lassen.

a) Eine der wesentlichsten Bedingungen ist die *Höhe der Sonne*, sofern die Sonnenstrahlen hiernach gerader oder schiefer uffallen. Betrachtet man die auf der Erdoberfläche erzeugte Wärme blofs als Folge der lothrecht oder in einem gewissen Winkel schief auffallenden Sonnenstrahlen, so hat L. Euler[1] ie unter verschiedenen Breitengraden erzeugte durch Berechnung auszudrücken gesucht, und schon Halley[2] hat den Wechel derselben in den verschiedenen Jahreszeiten bestimmt; allein ierbei ist zugleich die wachsende Dicke der Luftschicht, welche die Lichtstrahlen bei schieferem Auffallen zu durchdringen haben, sehr zu berücksichtigen. Halley liefs diese Bedingungen unberücksichtigt und setzte die Wirkung der Sonnenstrahlen gegen die Erdoberfläche, indem er dieselbe mit dem Stofse eines elastischen Körpers verglich, dem Sinus des Winkels proportional, welchen sie mit den gestofsenen Flächen bilden. Heifst also dieser Winkel h und ein Element des Stundenwinkels ∂t, so erhält man

$$\text{Sin. } h\,\partial t.$$

Bezeichnet dann φ die Breite eines Ortes und δ die Abweichung der Sonne, t den halben Tagebogen, so giebt das Integral dieser Formel den Ausdruck:

$$\text{Cos. } \varphi \,.\, \text{Cos. } \delta \,\text{Sin. t} + \text{Sin. } \varphi \,\text{Sin. } \delta \,\text{Cos. t},$$

wonach die Wirkung der Sonne unter dem Aequator in den Nachtgleichen für den halben Tagebogen $=$ Sin. t Cos. $\delta = 1$ und also für den ganzen Tag $= 2$ seyn würde. Da aber nicht blofs der dem Sinus des Einfallswinkels proportionale Stofs der Sonnenstrahlen, sondern auch die Menge der in einem gegebenen Zeitelemente auffallenden Sonnenstrahlen zu berücksichtigen schien, welche gleichfalls dem Sinus des Einfallswinkels proportional ist, so setzte man die Wirkung der Sonnenstrahlen dem Quadrate des Sinus des Einfallswinkels oder dem Quadrate des Cosinus der Breite proportional. Diesemnach wäre also die Intensität der Sonnenstrahlen, wenn sie unter dem

1 Comm. Petrop. T. XI. p. 82.
2 Phil. Transact. N. 203. T. XVII. p. 878.

Digitized by Google

Aequator = 1 gesetzt wird, unter einer Breite φ dem Qu
drate des Cosinus φ gleich. Aehnliche Ansichten hegten Sim
son [1], Kästner [2] und hauptsächlich Tobias Mayer [3], welch
hiernach die mittlere Wärme unter verschiedenen Breitengra
berechnete. Mairan [4] dagegen wollte auch den verschieden
Abstand der Sonne von der Erde und die Schwächung
Lichts bei seinem Durchgange durch die Atmosphäre berü
sichtigt wissen und nahm, um der Erfahrung zu genügen, z
Einflusse der Erdwärme seine Zuflucht [5]. Bei weitem am grün
lichsten und umfassendsten sind die ausführlichen Untersuch
gen von Tralles [6] über die Erwärmung der Erde von
Sonne, deren Resultate sich jedoch nicht in eine kurze Ueb
sicht zusammendrängen lassen und wegen so mancher örtl
wirkenden Bedingung mit der Erfahrung nicht übereinstimm
können. Darf als bewiesen angenommen werden, dafs die
zeugte Wärme der Stärke des auf die Erdoberfläche fallend
Lichtes proportional sey, so müfste man dabei die gehaltreich
Untersuchungen zum Grunde legen, welche Lambert [7], L
Place [8] u. A. über die der Höhe eines Gestirns proportion
Intensität des Lichts angestellt haben, worüber ich auf dasjen
verweise, was Kämtz [9] dahin gehörig mitgetheilt hat. D
allgemeine Ansicht hierüber ist, dafs die wärmeerzeugende Kr
der Sonne im Zenith am stärksten ist und allmälig mit zunel
menden Breitengraden vermindert wird, wonach also diese U
sache als eine der wirksamsten der nach den Polen hin wach
senden Kälte betrachtet wird. Inzwischen ist auch dieser Sat
dafs die wärmeerzeugende Kraft der Sonnenstrahlen unter ni
deren Breiten stärker sey, als unter höheren, in Zweifel gezog
worden; ehe wir aber die hierfür aufgestellten Gründe gehör

1 Treatise of Fluxions. p. 182.

2 Hamburg. Magazin. Th. II. S. 426. Vergl. Lulofs Einleitu
zur Kenntnifs d. Erdkugel. S. 97. Anm.

3 Opp. ined. Gott. 1775. 4. N. I.

4 Nouvelles Recherches sur la cause générale du chaud en été
du froid en hiver. Par. 1768. 4.

5 Vergl. *Temperatur*. Bd. IX. S. 595.

6 Berliner Denkschriften. 1818 u. 1819. S. 52.

7 Photometria. §. 878.

8 Mécanique céleste. T. IV. p. 282.

9 Meteorologie. Th. II. S. 6.

Digitized by Google

würdigen können, müssen wir zuerst die anderweitigen Bedingungen kennen lernen, welche auf jene Kraft einen Einfluſs ausüben.

53) b) Eine zweite, gleichfalls sehr wesentliche Bedingung ist der *Einfluſs der Medien*, durch welche die Sonnenstrahlen dringen, ehe sie die Erdoberfläche erreichen. Allezeit müssen sie die atmosphärische Luft durchdringen und werden um so viel mehr hierdurch geschwächt, je mehr diese durch Wasserdunst oder andere undurchsichtige Partikeln, also durch Nebel, Wolken, die Bestandtheile des Höhenrauches u. s. w., getrübt ist. Es läſst sich hierfür nicht wohl ein bestimmtes Maſs auffinden, um zu bestimmen, in welchem Verhältnisse die Absorption des Lichtes und die hierdurch bewirkte Schwächung des Erwärmungsvermögens der Sonnenstrahlen durch die Luft zur Trübung der letzteren steht; inzwischen haben wir mehrere hierüber angestellte Versuche, die später erwähnt werden sollen. Da aber die atmosphärische Luft schon an sich nach oben an Dichtigkeit abnimmt, so muſs auch die Absorption des Lichts durch dieselbe mit der Höhe abnehmen, woraus die gröſsere Hitze erklärlich wird, welche die Sonnenstrahlen auf Berghöhen, als in geringer Erhebung über der Meeresfläche erzeugen. Berücksichtigen wir hier zuerst einige Erfahrungen, bei denen anderweitig bedingende Einflüsse weniger in Betracht kommen, so erzählt schon DE SAUSSURE[1], daſs er eine kleine Brennlinse, welche zu Genf gerade hinreichte, um Zündschwamm zu entzünden, auf den Berg Salève getragen und ihre Kraft daselbst nicht bloſs gleich, sondern sogar vermehrt gefunden habe. Nach den Versuchen von BOUGUER[2] verliert das senkrecht durch die heitere Atmosphäre dringende Licht nahe den dritten Theil seiner Stärke; am belehrendsten hierüber sind aber die neuesten Versuche von FORBES und KÄMTZ[3], indem sie zwei Aktinometer am Fuſse und auf verschiedenen Höhen des Faulhorns mit einander verglichen. Sie überzeugten sich bald, daſs diese Apparate sehr geeignet sind, den Wärmeverlust anzuzeigen, welchen die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch die

1 Voyages dans les Alpes. T. II. p. 363.

2 Optica. p. 174. Vergl. DE LUC Briefe über die Geschichte d. Erde. Br. 141. Leipz. Samml. Th. II. S. 643.

3 Poggendorff's Ann. XXXII. 463.

Digitized by Google

Luft erleiden, und fanden dann, dafs selbst bei dem he
Wetter dieser Verlust für eine Luftschicht von 6000 Fufs
nicht weniger als 0,2 beträgt. In gleichen Erhebunge
der Meeresfläche wechselt die Intensität der Sonnens
nicht selten sehr bedeutend, ohne dafs eine veränderte T
in solchem Grade wahrnehmbar wird, als man erwarten

54) c) Die dritte, bei weitem bedeutendste und am
sten bekannte Bedingung, wovon die erwärmende Kr
Sonnenstrahlen am meisten abhängt, ist die *Beschaffenh*
hauptsächlich die Farbe der Körper, worauf sie fallen,
gemein bekannt ist zuerst, dafs sowohl die Lichtstrahl
auch die Wärmestrahlen von polirten Flächen zurückge
werden; das Erstere, was näher bezeichnet Spiegelung
gehört nicht hierher, das Zweite, welches zur Wärmest
gehört, wird später ausführlicher erörtert werden, und es
also hier nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs die S
strahlen in Körpern mit rauher Oberfläche mehr Wärm
wickeln, als wenn sie auf eine glatte auffallen. Bei
vom gröfsten Einflusse ist aber die Farbe der Körper, in
cher Beziehung als allgemein gelten kann, dafs dunkle
erhitzt werden, als helle. Schon Cartesius[1], welcher d
rückwerfung der Lichtstrahlen mit seiner allgemeinen
gungstheorie in Verbindung brachte, bemerkte, dafs weifs
per das Licht mehr zurückwerfen, schwarze mehr verschl
Kepler[2] kannte die Thatsache, leitete aber die Ursache
ab, dafs schwarze Körper trockner und entzündbarer sey
anders gefärbte. Die ersten umfassenden und eigentlich
senschaftlichen Versuche über dieses Problem stellte R
Boyle[3] an und machte sie schon im Jahre 1663 bekannt
dem er verschiedenfarbige Papierstreifen in einem d
Zimmer den einfallenden Lichtstrahlen aussetzte, fand e
weifse am meisten Licht reflectirten; als grüne, rothe und
verglichen wurden, reflectirten die rothen am meisten, ge
grün und blau verglichen gab mehr, auch etwas mehr al
purfarbenes, doch reflectirte blaues mehr als purpurfa
Wenn er seine Hände mit einem weifsen und einem schw

1 Dioptrica. p. 50.

2 Dioptrica. Prop. 13. Vergl. Priestley History of disc
relating to vision cet. Lond. 1772. p. 141.

3 Works. By Birch. Lond. 1772. T. I. p. 725.

Digitized by Google

Handschuh den Sonnenstrahlen aussetzte, wurde der schwarze mehr erhitzt. Zu einem weiteren Versuche nahm er einen langen und breiten Dachziegel, überzog die eine Hälfte schwarz, die andere weifs und fand beim Aussetzen an die Sonnenstrahlen, dafs die weifse Hälfte kalt blieb, während die schwarze stark erhitzt wurde. Demnächst liefs er zwischen beiden genannten Ueberzügen einem Theile seine natürliche rothe Farbe, und fand, dafs Weifs am wenigsten, Roth mehr und Schwarz am stärksten erhitzt wurde, auch berichtet er, von einem glaubhaften Freunde gehört zu haben, dafs schwarz gefärbte Eier in heifsen Klimaten kurze Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt gesotten werden. Dr. Hooke[1] vermehrte die bis dahin bekannten Thatsachen durch die Bemerkung, dafs, wenn weifs und schwarz gefärbter Marmor unter gleichen Bedingungen den Strahlen eines Küchenfeuers ausgesetzt wurden, der schwarze eine höhere Temperatur annahm. Sehr zahlreiche Versuche über die ungleiche Erwärmung verschiedener und verschieden gefärbter Körper durch die Sonnenstrahlen verdanken wir dem überaus fleifsigen Peter van Musschenbroek[2], indem er das Verhalten gleich grofser Streifen von Eisen, Blei, Marmor, Schwefel, Alaun, Holz, Federn, Wolle, Baumwollenzeug, Leinwand, Seidenzeug, behaarter Thierhäute u. s. w., so wie die Erhitzung gleicher, mit verschiedenen Farben überstrichener Holzstreifen vermittelst eines empfindlichen Luftthermometers untersuchte und im Ganzen das Resultat erhielt, dafs dunkle, das Licht weniger durchlassende und wenig reflectirende Körper am stärksten erhitzt werden. Joh. Heinr. Lambert[3] kannte die von Dalenzé gemachte Erfahrung, dafs von zwei gleichen, in den Sonnenstrahlen liegenden Stücken Marmor das schwarze sehr, das weifse nur unmerklich erhitzt wurde, desgleichen den von Pistoi zu Siena angestellten Versuch, welcher die eine Halbkugelfläche eines Quecksilberthermometers mit Lampenrufs schwärzte, worauf dieses im Schatten 26°,25 C., mit der freien Seite gegen die Sonne gehalten 40°, mit der geschwärzten 43°,75 zeigte, und wurde hierdurch zu einer grofsen Reihe eigener Versuche mit ungefärbten, geschwärzten

1 Birch History of the Royal Soc. T. IV. p. 175.
2 Introductio ad Phil. Nat. T. II. p. 641. 651.
3 Pyrometrie. Berl. 1779. 4. S. 161.

Digitized by Google

und verschieden gefärbten Quecksilber- und Weingeist
metern veranlafst, welche im Allgemeinen das Resultat gab
unter übrigens gleichen Bedingungen die Erwärmung
Körper am stärksten ist. Ueberblickt man aber die er
che Menge von Thatsachen, welche BECKMANN[1] au
weniger als 204 Versuchsreihen entnommen und zusa
gestellt hat, worin er die erwärmende Kraft der Sonnens
bei den verschiedensten, vielfach modificirten und ungleic
bigen oder gefärbten Körpern erforschte, so gelangt man
Ueberzeugung, dafs hierdurch die Aufgabe, sofern es sich bl
die Erfahrung handelt, hinlänglich erschöpft ist; es würd
eine nochmalige sehr schwierige und weitläuftige Arbeit
dern, wenn man unternähme zu bestimmen, wie und au
che Weise die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen dur
Gefüge, die Dichtigkeit, die chemische Natur und die Fa
verschiedenen Körper bedingt wird.

55) Am bekanntesten sind die Versuche, welche FRANK
ungefähr 100 Jahre später als BOYLE, anstellte und im
1761 bekannt machte. Im Allgemeinen fand er, dafs sch
Kleider in der Sonne mehr erwärmen, als weifse, auch g
mäfsig nafs schneller trocknen, desgleichen dafs die St
eines Feuers leichter durch schwarze als durch weifse Stri
dringen. Dieses veranlafste ihn, gleich grofse Scheiben
schiedenfarbigen Tuches an heitern Tagen Morgens auf
freien Schneefläche auszubreiten. Die Farben waren sch
dunkelblau, hellblau, grün, purpurn, roth, gelb, weifs un
nige zwischenliegende gemischte Farben. In wenigen Stu
war die schwarze Scheibe so tief eingesunken, dafs die Son
strahlen sie nicht mehr erreichten, die dunkelblaue fast eb
die hellblaue weniger und die übrigen Farben um so viel we
je heller sie waren, die weifse aber war gar nicht eingesun
WATSON[3] hing bei heiterem Himmel ein Thermometer i
Sonnenstrahlen und fand, dafs es sofort stieg, bei 42°,
aber stationär wurde. Alsdann überzog er die Kugel mit T

1 Versuche über die Erwärmung verschiedener Körper durch
Sonnenstrahlen. Eine von der Gött. Soc. gekrönte Preisschrift. Ka
1811. 8.

2 Letters on philos. subjects. p. 56. Works. Lond. 1816. T
p. 109. Vergl. Journ. de Phys. 1778. T. II. p. 381.

3 Philos. Trans. abridg. T. VIII. p. 371.

Digitized by Google

rodurch seine Wärme augenblicklich vermindert wurde, nachher aber stieg sie wieder bis 47°,8. Aehnliche Versuche, als liese, gehören zu den frühesten des Sir Humphry Davy[1]. Dieser nahm 6 Kupferscheiben, jede 1 Zoll ins Gevierte und 2 Lin. dick, überzog die eine Fläche mit weifser, gelber, rother, grüner, blauer und schwarzer Farbe und brachte im Centrum der andern eine Zusammensetzung von Oel und Wachs an, die bei 24°,5 C. schmolz, befestigte dann alle auf einer weifsen Tafel und setzte sie den Sonnenstrahlen aus. Das Cerat schmolz bei der schwarzen zuerst, dann bei der blauen, nächstdem bei der grünen und rothen, am spätesten bei der gelben, und bei der weifsen war es kaum erweicht. Weitere Versuche über diesen Gegenstand sind von ihm nicht bekannt, inzwischen sagt er[2] im Allgemeinen, dafs die Fähigkeit, durch die Strahlen der Sonne und des Küchenfeuers erwärmt zu werden, nach der Beschaffenheit der Körper sehr verschieden sey und hauptsächlich mit ihren Farben im Zusammenhange stehe. Schwarze Körper werden stärker erhitzt, als rothe, und so abnehmend durch grüne und gelbe bis zum Minimum bei den weifsen. Metalle werden weniger erhitzt, als Steine oder als vegetabilische und thierische Körper, polirte Flächen weniger als rauhe. John Leslie[3] überzog drei Seiten eines würfelförmigen zinnernen Gefäfses mit Lampenrufs, Bleiweifs und Mennig, und fand deren Erwärmung, wenn sie den Sonnenstrahlen ausgesetzt wurden, im Verhältnifs von 100 zu 85 und 90. Auf gleiche Weise fand Cavallo[4], dafs ein Thermometer mit geschwärzter Kugel, den Strahlen der Sonne und des Feuers ausgesetzt, höher stand, als eins mit nicht geschwärzter; nach Pictet's[5] Versuchen aber standen beide im Schatten gleich hoch.

56) Eine Reihe von Versuchen über die Fähigkeit verschiedener Holzarten, durch Sonnenlicht erwärmt zu werden, hat Schmidtmüller[6] mitgetheilt. Alle von ihm verwandte

1 Contributions to physical knowledge. By Th. Beddoes. Bristol 1799. p. 44.
2 Elements of chemical philosophy. Lond. 1812. T. I.
3 Essay on Heat. p. 93.
4 Philosophical Transactions. 1792.
5 Essay sur le Feu. chap. IV.
6 G. XIV. 306.

Digitized by Google

Hölzer waren vorher hinlänglich ausgetrocknet, wurden dar zu Spähnen geraspelt und diese in ein Kästchen von der näm lichen Holzart gethan. Da es aber den Versuchen an eine eigentlichen Puncte der Vergleichung fehlt, so theile ich n einige allgemeine Resultate mit. In Kirschbaumholz stieg d Thermometer binnen 72 Minuten von 18°,75 auf 34°, wäh rend ein anderes Thermometer in der Sonne 37°,5 zeigte; i Erlenholz binnen 82 Minuten von 17°,5 auf 32°,5, währen das Thermometer in der Sonne von 31°,25 auf 41°,25 stieg in wildem Birnbaumholze stieg das erstere binnen 88 Min. v 20° auf 30°, das letztere von 37°,5 auf 40°; in Weifstannen holz waren binnen 90 Min. beide Stände von 20° bis 31° un von 37°,5 bis 41°,25, in Espenholz binnen 89 Minuten von 2 bis 31° und von 38° bis 42° gestiegen. Hiernach schütz also das im Ganzen weifse Holz gegen die stärkere Wärmeer regung, wobei jedoch wohl zu berücksichtigen ist, dafs b den angegebenen Versuchen eigentlich der Stand des Thermo meters in den verschiedenen Holzarten mit dem eines ande Thermometers im Schatten verglichen werden mufste.

57) In der neuern Zeit hat James Stark[1] eine bede tende Reihe von Versuchen angestellt, die sich jedoch nicht ge rade darauf beziehn, inwiefern die auffallenden Sonnenstrah len ungleich farbige Körper mehr oder weniger erwärmen sondern den Einfluſs der Farben auf die leuchtenden und dun keln Wärmestrahlen überhaupt zu ermitteln bestimmt sind Wenn aber den Farben, als solchen, ein bedeutender Einfluſ auf die Wärmestrahlen beigelegt wird, so ist dabei nicht be rücksichtigt, dafs die Versuche mit gefärbten Körpern angestell wurden, deren eigenthümliche Zusammensetzung, zum Thei durch die Ungleichheit der angewandten Pigmente bedingt, au die Aufnahme oder Erzeugung der Wärme eine bedeutend Wirkung ausüben mufs, wie schon John Leslie und beson ders auch Baden Powell[2] richtig bemerkt haben und ga unverkennbar aus den zahlreichen Versuchen von A. D. Bach hervorgeht, in denen die nämlichen Farben sehr abweichend

1 Philosoph. Trans. 1833. p. 285. Edinb. New Phil. Journ. N XXXIII. p. 65.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXIV. p. 231.

3 Silliman Amer. Journ. T. XXX. p. 16. Vergl. unten §. 266.

Digitized by Google

sultate gaben. Aus der Summe zahlreicher Versuche und obachtungen geht aber zur Evidenz hervor, dafs im Allgeinen die Sonnenstrahlen in dunkeln und rauhen Körpern ehr Wärme entwickeln, als in hellen und glatten. Endlich onnten hier die neuesten wichtigen Versuche von POUILLET wähnt werden, es scheint mir aber geeigneter, sie von den aus abstrahirten Folgerungen nicht zu trennen, und sie da- r bis ans Ende dieses Abschnittes zu versparen, wo von dem gentlichen Wesen der Wärmeentwickelung durch die Sonne handelt wird.

58) Nehmen wir die erwähnten drei Bedingungen zusam- n, so erklären sich manche Resultate leicht, die deswegen r einer kurzen Erwähnung bedürfen. Dahin gehört das hnellere Schmelzen des Schnees, wenn er beschmutzt ist[1], s wenn seine blendend weifse Farbe die Sonnenstrahlen stär- r zurückwirft, weswegen man auch an manchen Orten den hnee mit Erde und Asche zu bestreuen pflegt, um sein schnel- es Aufthauen zu befördern. Nach v. HUMBOLDT[2] werden warze Felsen am Tage heifser, als weifse, verlieren aber bei cht ihre Wärme schneller, und selbst in kalten Gegenden ngt man Früchte, welche dort unter gewöhnlichen Bedin- ngen nicht gedeihen, dadurch zur Reife, dafs man sie gegen ie kalte Luft durch Umgebungen schützt, die aufserdem in olge ihrer dunklern Farbe die Sonnenwärme bedeutend erhöhn. s ist daher ganz natürlich und keineswegs zu bewundern, enn die durch die klare Salzsoole dringenden Sonnenstrahlen n dunkeln Boden bedeutend erhitzen, wie PRINSEP[3] in Ost- dien bemerkte. Wie grofs übrigens die wärmeerzeugende aft der Sonne auch in nördlichen Gegenden in Folge der aren Atmosphäre sey, ergiebt sich aus einer Angabe von ASSTEEN[4], wonach der Schnee in Sibirien auf den Dächern hmilzt, wenngleich die Temperatur der Umgebung — 25° s — 38° C. beträgt. Dahin gehört auch die bekannte Er- hrung, dafs bei anhaltender Kälte, wenn die Temperatur der

1 ROZIER sah im Jan. 1764 in Paris, dafs der überall verbrei- te Schnee auf den Kohlenschiffen und da, wo Kohlen zerstreut lagen, inzlich fehlte. Journ. de Phys. T. III. p. 183.

2 Reisen. Deutsche Ueb. Th. IV. S. 25.

3 London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXXV. p. 26.

4 Bibl. univ. T. XLII. p. 261.

Digitized by Google

Luft nie den Schmelzpunct des Eises erreicht, denn
Schnee um die aus ihm hervorragenden Halme, Staud
Bäume weggeschmolzen wird. Auf Veranlassung einig
obachtungen Fusimeri's[1], welcher diese Phänomene n
gewöhnlichen Theorie unvereinbar fand, weil die in de
men und Gesträuchen durch die Sonnenstrahlen entwicke
dem Schnee mitgetheilte Wärme unmöglich gröfser seyn
als die der eigentlichen Wärmequelle, der Sonnenstrahlen
den aufserdem hindernden Schatten nicht zu rechnen, ha
loni[2] das ganze Problem genauer und mit Hinzufügu
Resultate eigens angestellter Versuche erklärt, unter den
gende die wichtigsten sind. Er überstrich seinen Therm
tiplicator nach Wegnahme des Kienrufsüberzuges mit
weifsfarbe und erhielt dann eine geringere Abweichu
Magnetnadel bei einer Wärmequelle von gleicher Stä
vorher; die Abweichung nahm aber zu, als er ein Blatt
kelgraues Papier vor die Oeffnung des Thermomultip
hielt. Um die ungleiche Wärmeabsorptionsfähigkeit des S
zu prüfen, liefs er auf die beiden, die entgegengesetzten
stellen einschliefsenden Oeffnungen seines Thermomultip
von der einen Seine eine argand'sche Lampe, von der
eine bis 400° C. erhitzte Kupferscheibe wirken und
beide Wärmequellen allmälig so, dafs ihre Wirkungen
waren, dann nahm er die thermoelektrische Säule we
setzte genau an deren Stelle eine kupferne Röhre von g
Weite als die, welche die thermoelektrische Säule ums
und welche mit lockerem Schnee gefüllt war, dessen
Flächen, mit einem Bretchen abgestrichen, gleich grofse
nen darboten. Die Wirkungen der beiden genannten W
quellen waren dann keineswegs gleich, sondern die K
scheibe schmelzte mehr Schnee, als die Lampe; hielt e
eine kleine Scheibe geschwärztes Papier vor die Mitte de
linderfläche des Schnees, so verminderte diese die Wirku
Kupferscheibe, verstärkte aber die der Lampe. Hiernach sc
er, dafs der Schnee wenig Wärme absorbire, desto meh

1 Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto. p. 38.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXVIII. p. 442. Bibl. univ. N. XXIX. p. 149. Compt. rend. T. VI. p. 801. Poggendorff XLIV. 357. Edinb. New Phil. Journ. N. L. p. 242.

Digitized by Google

lectire, wodurch das Phänomen genügend erklärt wird, so- n nach einer sehr allgemein herrschenden Ansicht in den nkeln Körpern durch die Sonnenstrahlen mehr Wärme ent- ickelt und dem Schnee mitgetheilt, als in letzterem durch die mittelbar auffallenden Sonnenstrahlen erregt wird. Melloni immt aufserdem an, dafs der freiliegende Schnee mehr Wärme gen den heitern Himmel ausstrahle, als der theilweise be- hattete, dafs er dadurch kälter erhalten werde und minder icht schmelze, was jedoch nach meiner Ansicht zur Erklä- ng unnöthig ist.

59) Hierher gehören auch die interessanten Versuche des afen Rumford[1]. Dieser liefs sich drei gleiche cylindrische istchen von leichtem Holze verfertigen, 4,5 Z. im Durch- esser und 3 Z. hoch, welche 1,75 Z. über dem Boden mit ner auf kurzen hölzernen Trägern ruhenden Scheidewand a b rsehn waren. Der Boden der Kästchen war durchbohrt, und i Thermometer wurde vermittelst eines Korkes in dem ab- chlossenen Raume so festgehalten, dafs das birnförmige Ge- s desselben sich genau in der Mitte dieses mit gleichen engen platter, von alten aufgewickelten Tressen genomme- r Silberfädchen befand. Die Scheidewände der drei Käst- en bestanden beim ersten aus Messingblech, beim zweiten s verzinntem Eisenblech, beim dritten aus Schwarzblech. m die Ableitung der Wärme zu verhindern, war der Boden nd die Seitenwandung der Kästchen inwendig und auswendig it aufgeleimtem Papier und dann dreimal mit Kopalfirnifs erzogen und die Aufsenseite während des Versuchs mit Pelz- erk umgeben. Alle drei Apparate wurden neben einander vor nem Fenster den Sonnenstrahlen so lange ausgesetzt, bis sie das aximum der Temperatur angenommen hatten, wobei das Kästchen it Eisenblech am wärmsten wurde; als aber nachher alle drei eichzeitig weggenommen und umgekehrt auf einem Tische den Schatten hingestellt waren, zeigte sich, dafs gerade dieses ieh einiger Zeit kälter war, als die beiden andern. Diese esultate sind jetzt weniger auffallend, als sie damals dem xperimentator seyn mufsten. Ueberhaupt schienen anfangs die gebnisse dieser Versuche, welche Rumford, hauptsächlich er derjenigen, welche Everard Home[2] nicht lange nachher Fig. 38.

[1] Mémoires sur la chaleur. Par. 1804. p. LI.

[2] Philosophical Trans. 1821. Part. I.

anstellte, mit andern bekannten Erfahrungen im Widerspru zu stehn, aber aus dem richtigen Gesichtspuncte betrachtet di nen sie vielmehr zur Bestätigung. Es ergab sich nämlich, d die schwarze Haut der Neger der erhitzenden Einwirkung Sonnenstrahlen besser widersteht, als die weifse der Europ was wohl zum Theil eine Folge des fettigen Glanzes ist, z Theil aber auch daher rührt, dafs die Sonnenstrahlen ni durch die schwarze Substanz dringen, welche die H färbt, und die darunter befindlichen verletzbaren Theile ni zerstören, sondern von dieser absorbirt und dadurch unschä lich werden. Aus den Versuchen Home's ergab sich aber f ner, dafs von beiden Händen, wenn die eine mit einem schw zen, die andere mit einem weifsen Handschuh bedeckt w die erstere durch starke Sonnenhitze nicht verletzt, die letzt aber versengt wurde. Hierbei ist sehr deutlich, dafs schwarze Ueberzug durch Verschluckung der Sonnenstrah schützend wirkte.

60) Wir müssen jetzt die oben §. 52 u. 53 kurz berü ten Sätze, dafs die Wärmeerzeugung durch die Sonnenstrah mit der Höhe zunimmt und mit zunehmenden geographisch Breiten abnimmt, näher beleuchten. Der erste Satz, *dafs d Sonnenstrahlen auf hohen Bergen*, wenn sie eine dünn und weniger mit trübenden Mitteln gemengte Luftschicht dur dringen, mehr *Wärme erzeugen*, folgt aus der Natur der Sac und wäre nie als etwas Auffallendes betrachtet worden, we er nicht mit der so enormen Kälte auf den Spitzen hoher Be in scheinbarem Widerspruche stände. Es bedarf, um die Th sache zu begründen, nicht einmal eigentlicher Versuche, d das blofse Gefühl reicht schon hin, um sich davon zu üb zeugen, indem die Reisenden, welche hohe Berggipfel best gen haben, in der Regel über die dort empfundene unan nehme Wärme der Sonnenstrahlen klagen, was jedoch hau sächlich als eine Folge des Gegensatzes der enorm kalten U gebung zu betrachten ist. Beispielsweise möge hier angef werden, dafs ein Reisender[1] in den Himalaya-Gebirgen einer Höhe von 14700 engl. Fufs ein Dorf antraf, wo October des Morgens das Thermometer — 8°,4 C. zeigte, d noch aber waren die Sonnenstrahlen unangenehm und alle

1 Edinburgh Journ. of Science. New Ser. N. III. p. 133.

Digitized by Google

sser, welche während der Nacht eine Eisdecke erhalten hat-
, zeigten um 2 Uhr Nachmittags davon keine Spur mehr.
hon DE SAUSSURE[1] stellte über dieses Problem künstliche
rsuche an. Auf der Spitze des Cramont, in einer Höhe von
Par. F., beobachtete er zwei Thermometer, welche eine
nde lang um die Mittagszeit das eine auf geschwärztem
en in den Sonnenstrahlen das andere im Schatten gelegen
rm, und fand ersteres 25°,25 C., letzteres 6°,25 zeigend;
ndern Tage wiederholte er den Versuch zu Courmayeur
r gleichen Bedingungen, und erhielt 33°,75 und 23°,75,
ch also den Unterschied oben 19° C., unten aber nur 10° C.
g. Hieraus würde folgen, dafs die erwärmende Kraft der
nenstrahlen durch eine Luftschicht von nicht ganz 5000 F.
e fast um die Hälfte geschwächt würde, allein dieses Re-
at ist nach den weit genauern Versuchen mit dem Aktino-
er (§. 53) zu grofs, was als eine Folge der mangelhaftern
parate und der nicht völlig genügenden Methode der Beob-
tung erscheinen mufs.

61) Die Richtigkeit der Thatsache unterliegt jedoch nach
sehr genauen Versuchen des Capitain SABINE[2] keinem Zweifel.
von ihm gebrauchten Thermometer waren selbstregistrirende, ein
ecksilberthermometer für das Maximum und Weineingeistthermo-
eter für das Minimum; die freistehenden Kugeln beider waren mit
ampenrufs geschwärzt und mit schwarzer Wolle umgeben. Zum
essen der Lufttemperatur, ohne den Einflufs der Strahlung, diente
5 F. über den Boden aufgehangenes, durch ein Dach gegen die
nenstrahlen geschütztes, übrigens dem freien Zutritt der Luft
gesetztes Thermometer, welches noch aufserdem durch ei-
n umgebenden stark polirten, mit vielen Löchern durchbohr-
, metallenen Cylinder von 8 Z. Durchmesser gegen jeden
nflufs der Strahlung geschützt wurde. Als Stationen dienten
Glacis von Fort Charles zu Port-Royal auf Jamaica und
benachbarte Berg von 4080 engl. F. Höhe, wo die regi-
renden Thermometer auf kurzen Kräutern lagen. Der Un-
schied der mittleren Temperaturen an beiden Orten während

1 Voyages dans les Alpes. T. II. p. 365.

2 An account of experiments to determine the Figure of the
rth etc. Lond. 1825. 4. p. 506. Vergl. Dublin Phil. Journ. N. II.
491.

Digitized by Google

der Beobachtungstage betrug 7°,22 C., auf der obern aber erzeugten die Sonnenstrahlen einen Ueberschufs Umgebung von 32°,77 C., auf der untern nur 20 Wurden dagegen diese Thermometer bei Nacht beobach ging das frei liegende 8 F. über dem Meeresspiegel in 5° C., das auf dem Berge aber 10° C. unter das gegen lung geschützte herab.

62) Die zahlreichsten Versuche über die Erzeug Wärme durch die Sonnenstrahlen unter den verschi Bedingungen sind von DANIELL[1] angestellt worden, durch Bekanntmachung derselben die Aufmerksamkeit v auf dieses Problem lenkte und zu weitern Untersuchun selben Veranlassung gab. Das zum Messen der Strahl nende Thermometer war mit schwarzer Wolle umgeb Art der Vorrichtung, die auch bei spätern ähnlichen V dieser Art zur Anwendung kam. Aus DANIELL's gan Beobachtungen geht hervor, dafs der gröfste Effect nenstrahlen zu London 36°,11 C. betrug, statt dafs Versuche zu Sierra Leone und zu Bahia nur 10°,1 und wenn wir auch die eben angegebenen, zu Jamaic nen Resultate nehmen, so bleiben sie doch an Grö den zu London gefundenen zurück. DANIELL folgert dafs die wärmeerzeugende Kraft der Sonnenstrahlen Polen hin zunehme, worin ihn der Umstand bestärk PARRY im Monat März, in welchem das Maximum don nur 27°,22 C. betrug, 27°,9 erhielt. Ebenso erz RESBY[2], dafs bei hellem Wetter in der Nähe von Sp die Sonnenstrahlen das Pech an den Schiffen zum S bringen und daselbst eine Temperatur von 26° bis 32 zeugen, während sie an der entgegengesetzten Seite i ten nur — 7° C. beträgt. Noch auffallender ist, dafs Erzählung ebendieses unermüdeten Seemannes[3] einst als um 2 Uhr Morgens die Temperatur — 20° C. be um 10 Uhr im Schatten, nachdem die Wolken vers waren, bis — 10° stieg, die Sonnenstrahlen eine so

1 Meteorological Essays and observations. Lond. 18 207 ff. Vergl. Encyclopaedia metropolitana. Art. Meteorolo

2 Account of the Arctic Regions. T. I. p. 378.

3 Voyage to the northern Whale-Fishery. p. 34.

Digitized by Google

he Wärme erzeugten, dafs die Menschen an einer Seite eben- drückende Wärme, als an der andern eine empfindliche älte empfanden und das Pech an dem Schiffe schmolz, wö- ich er die hierdurch erzeugte Wärme auf 45° C. schätzt. ach den schätzbaren Beobachtungen, welche RICHARDSON[1] f FRANKLIN's Reise anstellte, beträgt das Maximum der rch die Sonnenstrahlen erzeugten Wärme 36°,11 C. und fällt den Monat März, im Mai dagegen beträgt dasselbe nur ,75; bei den zu Fort Franklin unter 65° 12′ nördl. Br., 125° westl. L. v. G. im Mai angestellten Beobachtungen beträgt sselbe aber 27°,5 C. um 1 Uhr nach Mittag.

Eine werthvolle Reihe von Versuchen mit einem Ther- ometer, dessen Kugel mit schwarzem Tusch überzogen war, d wobei Nebenbedingungen möglichst vermieden wurden, hat AUGERGUES[2] schon in den Jahren 1815 und 1816 zu Vi- rs unter 44° 29′ nördl. Br. angestellt. Der Unterschied ses Thermometers und eines nicht geschwärzten, im Schat- hängenden betrug im Mittel bei Windstille etwa 10° C., bei die Extreme zwischen dem Minimum 8°,7 und dem Ma- mum 11°,4 schwankten. Wenn sich ein Wind erhob, so rd diese Gröfse bedeutend vermindert, und ging selbst bis ,5 oder 2° herab; auch schien es auffallend, dafs die Kraft n Winter gröfser oder mindestens ebenso grofs war, als im ommer, woraus gefolgert wird, dafs sie zu allen Zeiten gleich y, was jedoch zu voreilig geschlossen scheinen dürfte, da so anche anderweitige Bedingungen, namentlich die Reinheit der ft, hierbei sehr in Betracht kommen.

63) DANIELL's Folgerung, dafs die erwärmende Kraft der nnenstrahlen mit den Graden der Breite zunehme, ist mehrfach gegriffen worden und bei genauer Untersuchung unhaltbar, wie ch aus der Theorie nothwendig folgt, wenn man berücksichtigt, fsnaher zum Pole die Sonnenstrahlen immer schiefer auffallen und

---

1 Narrative of a second Expedition to the shores of the Polar- a. By JOHN FRANKLIN. Lond. 1828. App. II.

2 Annales de Chim. et Phys. T. XXVI. p. 381. Ausführlich in ournal de Physique T. LXXXVII. p. 256 ff. Er bediente sich hier- eines eigenen Apparates, vermittelst dessen zwei geschwärzte Ther- ometer abwechselnd den Sonnenstrahlen ausgesetzt und durch einen childm dagegen geschützt wurden. In 243 günstigen Tagen machte er m Ganzen 9720 Beobachtungen.

Digitized by Google

einen längern Weg durch die Luft zurücklegen. Arago[1] w
derholt die Thatsachen, worauf Daniell seinen Schluſs ba
und bestreitet dann denselben mit überwiegenden Gründen. I
zu London gebrauchte Thermometer war geschwärzt und
Wolle umgeben, berührte auſserdem fast den Boden, zu Sier
Leone aber war die Kugel bloſs geschwärzt und 18 Z. v
Boden entfernt; zu Bahia und Jamaica finden ähnliche v
schiedene Bedingungen statt, die eine genaue Parallele zw
schen den Resultaten und denen zu London nicht gestatt
Ebenso sey auch bei der Vergleichung der unter hohen nö
lichen Breiten angestellten Versuche mit denen zu London
Einfluſs des mit Schnee bedeckten Bodens nicht genügend
rücksichtigt. Sehr treffend ist das Argument, daſs unter V
aussetzung einer wirklichen Vergleichbarkeit der verschiede
erwähnten Versuche ebenso gut eine verschiedene erwärmen
Kraft der Sonne in America und Africa aus ihnen gefol
werden könne, als die von Daniell aus ihnen abgelei
Pentland[2] erklärt sich gleichfalls gegen den von Daniell a
gestellten Satz, meint aber, die erwärmende Kraft der Sonne
unter ungleichen geographischen Breiten nicht wesentlich versch
den, jedoch entscheiden seine eigenen Messungen vielmehr für de
selben. Er erhielt nämlich mit zwei Thermometern, deren eins
schwarzer, das andere mit weiſser Wolle umgeben war, zw
schen den Wendekreisen im Mittel 3°,62 C., in der Nähe
Cap Horn aber 3°,856. Wie viel bei solchen Versuchen
Nebenbedingungen ankomme, hat Foggo[3] sehr überzeug
nachgewiesen. Um ihren Einfluſs näher zu bestimmen, se
er am 7ten Juli ein Thermometer, dessen Kugel mit schw
zer Wolle umgeben war, bei 15° C. äuſserer Temperatur
Sonnenstrahlen frei hängend und nicht gegen den Wind
schützt aus; es stieg in 10 Min. bis 35°, auf Gras gelegt
es bis 15°,55 und stieg gleich darauf an der Sonne wieder
34°,45. Am 29sten desselben Monats stieg ein solches Th
mometer, welches in einer Ecke gegen den Luftzug gesch
war, auf 65°,56, ein ähnliches auf dem Grase nur bis 48°

1 Ann. de Chimie et Phys. T. XXVI. p. 375. Vergl. Dani
Widerlegung in Journ. of the Royal Institut. T. XVIII.

2 L'Institut 1839. N. 270. p. 66.

3 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII. p. 63.

Digitized by Google

id am nämlichen Tage etwas früher das erste bis 60°, das
veite bis 43°,33. Die Beobachtungen mit unbekleideten, der
onne ausgesetzten Thermometern verwirft Foggo als durch-
is ungenügend, weil die Sonnenstrahlen zu sehr davon zu-
ückgeworfen werden. So zeigte ihm im heifsen Juli 1825 am
7sten um 3 Uhr das bekleidete Thermometer 65°,55 und ein
nbekleidetes, gleichfalls der Sonne ausgesetztes 37°,22. Am
8sten bei einer Lufttemperatur von 16°,66 zeigte das beklei-
ete Thermometer von Mittag bis 2 Uhr 30 Min. nach einander
6°,66, 59°,44, 57°,22, das nackte 23°,88, 33°,33, 32°,22
nd 30°,55. Wenn auch unter der äquatorischen Zone die
on Daniell erwähnten Erwärmungen durch die Sonnenstrah-
n denen unter höhern Breiten nachständen, so gebe es dort
och Messungen, die die grofse Kraft der Sonnenstrahlen, na-
entlich in Erhitzung des Bodens, aufser Zweifel setzten. So
h Barrow im Kaffernlande ein Thermometer in der
onne bis 41°,2 steigen, und Bruce erwähne zu Gondar in
byssinien 45° beobachtet zu haben, während zu Benares
0°, 45°, 48° C. nicht zu den Seltenheiten gehörten. Zu
ierra Leone mafs Winterbottom die Wärme des Bodens zu
8°,88, v. Humboldt die des groben Granitsandes zu 60°,2,
ährend für England kein derartiges höheres Resultat bekannt
st, als das von Coldstream, welcher an einem heifsen Juni-
age die Temperatur einer mit Oelanstrich versehenen Garten-
anke = 48°,88 fand. Bekannt ist dagegen, was Gregory[1]
zählt, dafs im heifsen Sande unter der äquatorischen Zone
chwarz gefärbte Eier gesotten werden.

Nach diesen Thatsachen, die sich noch bedeutend ver-
ehren liefsen, unterliegt es keinem Zweifel, dafs Daniell aus
inigen auffallenden Erscheinungen zu voreilig und ohne all-
eitige Würdigung aller Umstände geschlossen hat. Dafs die
onnenstrahlen überhaupt unter höhern Breiten mehr Wärme
regen sollten, ist noch gar nicht hinlänglich erwiesen; ge-
etzt aber, die angegebenen Thatsachen führten zu dieser
olgerung, so ist diese dennoch nicht ohne Weiteres zulässig.
chon Richardson[2] bemerkt mit Recht, dafs die grofse Wärme

1 Haushaltung der Natur u. s. w. Ueb. von Kühn. Nürnb. 1798. II. Bd. Th. I. S. 74.

2 Narrative a. a. O.

Digitized by Google

der Sonnenstrahlen in den Polargegenden von der Reinh
Luft herrühre, denn statt dafs diese in niedern Breite
namentlich in der äquatorischen Zone, stets mit Wasse
überladen ist, werden die Dünste unter höhern Breiten
die Kälte bei Nacht niedergeschlagen[1]. Aufserdem
noch folgender Umstand wohl zu berücksichtigen. We
den Sonnenstrahlen einmal eine gewisse wärmeerregend
beilegen, so mufs diese, wenn sie lange genug einwirk
Stärke proportionale Effecte hervorbringen und also da,
am gröfsten ist, das Thermometer absolut am höchsten
machen. Hiernach kommt also nicht sowohl der Unt
zweier Thermometer, als vielmehr der absolute Stand
Wolle umwickelten oder geschwärzten Thermometers
trachtung, mit Rücksicht darauf, dafs dieses in kälter
gebung von der aufgenommenen Wärme einen Theil
abgiebt. Dieser Verlust läfst sich ohne eigens angestell
suche nicht wohl würdigen, ist aber auf jeden Fall n
bisherigen Erfahrungen nur ein kleiner Theil der stets
geführten Wärme und kann daher nach längerer Zeit nic
bedeutend bleiben. Eben daher gewinnen die Versuche
Aktinometer sehr an Zuverlässigkeit, weil sie auf
stimmte Zeitdauer beschränkt sind. Betrachten wi
nach einige der mitgetheilten Resultate, so zeigte Sabi
schwärztes Thermometer zu Sierra Leone, Bahia und
zwar keine so hohe Wärme, als das von Daniell zu
beobachtete, welches Resultat durch andere Umstände
seyn mag, allein Daniell erhielt dagegen als Maxi
London 61°,66, auf Melville-Island aber wurden im M
— 1°,1 C. beobachtet, was den gröfsern Effect unter
Breiten wohl aufser Zweifel setzt, wie grofs man au
Verlust anschlagen mag[2]. Inzwischen ist dieser lange
mentlich zwischen englischen Gelehrten geführte Streit ne
durch die Erfahrung entschieden worden, denn Hersch
mittelst des Aktinometers, dafs die thermometrische

1 Nach den neuesten Untersuchungen müssen wir schlie
die Diathermanie der reinen Luft ungleich gröfser ist, als di
Wasserdampf gemengten.

2 Vergl. James Dalmanoy in Lond. and Edinb. Phil.
XXXIX. p. 182.

3 Compt. rend. 1836. T. II. p. 505. Poggendorff's Ann.

Digitized by Google

r Sonnenstrahlen auf dem Cap der guten Hoffnung 48°,75, in uropa aber nur 29°,5 C. beträgt. Im Ganzen genommen dürfn aber nur die mit dem nämlichen Apparate und unter minestens ähnlichen Bedingungen angestellten Versuche vergleichare Resultate geben, denn der oben §. 50 erwähnten hohen Wärme, welche DE SAUSSURE durch sein Heliothermometer rzeugte, nicht zu gedenken, überzeugte sich POUILLET[1] durch iederholte Versuche mit seinem Aktinometer (§. 95), dafs Thermometer, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, eine Erhöhung er Temperatur von 3° und 4° bis 63° oder 64° über die der ngebenden Luft annehmen können, je nach den Bedingungen, ie dabei statt finden. Hieraus erklärt sich leicht die grofse erschiedenheit der erhaltenen Resultate. Nach HERSCHEL soll ie Gesammtwirkung der Sonnenstrahlen eine Eisdecke von 84,54 engl. Fufs (§. 49), nach POUILLET[2] eine solche von 14 Meter und in Folge seiner letzten Versuche[3] eine von 31 Meter (§. 91) Dicke zu schmelzen vermögen.

64) DANIELL hat seine Versuche auch auf Nebenfragen ausgedehnt, deren Beantwortung zwar meistens von selbst folgt, besser aber aus der Erfahrung entnommen wird. Es war in den einzelnen Monaten nach Messungen mit dem geschwärzten Thermometer in hunderttheiligen Graden im Mittel

	Wärme der Sonne kleinste	gröfste		Wärme der Sonne kleinste	gröfste
Januar . .	2°,75	6°,66	Juli . . .	19°,88	30°,55
Februar .	5,65	20,00	August . .	18,38	32,77
März . .	8,88	27,22	September	18,15	30,00
April . . .	15,65	26,11	October .	15,25	23,88
Mai . . .	16,87	31,66	November .	3,71	13,33
Juni . . .	22,16	36,11	December .	3,00	6,66

Hieraus geht hervor, dafs die erwärmende Kraft der Sonne mit ihrer zunehmenden Höhe schneller wächst, als mit der abnehmenden abnimmt. In welchem Verhältnifs das Erwärmungsvermögen der Sonne mit ihrer Erhebung über den Horizont stehe, darüber giebt folgendes mittlere Resultat aus 5 Beobach-

1 Mémoire sur la Chaleur solaire. Par. 1838. p. 48.
2 Elémens de Phys. 1me éd. 1830. T. II. p. 704.
3 Mémoire sur la Chaleur solaire. p. 41.

Digitized by Google

tungsreihen Auskunft, welche die den verschiedenen Tagsst
den zugehörigen Unterschiede des geschwärzten Thermome
in der Sonne und des im Schatten befindlichen angeben:

9 Uhr	30 Min.	17°,77 C.		2 Uhr	30 Min.	35°,00
10 –	30 –	25,55 –		3 –	30 –	32,22
11 –	30 –	30,55 –		4 –	30 –	27,22
12 –	30 –	35,00 –		5 –	30 –	19,44
1 –	30 –	36,11 –		7 –	30 –	16,11

Zum Beweise, dafs auch unter hohen nördlichen Breiten erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen mit zunehmender Sonnenhöhe wachse, führt Harvey[1] die Messungen an, welche Capitain Back und Lieutenant Kendal auf der zweiten Reise Franklin's anstellten und wonach sie in den Jahren 1826 und 1827 als mittlere Kraft der Sonnenstrahlen erhielten:

im November . . .	5°,93 C.	im Februar . . .	19°,00 C.
– December . . .	3,85 –	– März	25,10 –
– Januar	8,48 –	– April	29,45 –

Aufserdem erhielt Richardson im Jahre 1827 mit zwei Thermometern, deren eins auf gleiche Weise geschwärzt der Sonnenstrahlen ausgesetzt wurde, im Mittel im Mai 19°,44 C. im Juli 15°,55 und im August 14°,51. Inzwischen mufs es auffallen, dafs unter sehr hohen nördlichen Breiten die Wärme zwar mit zunehmender Sonnenhöhe wächst, dafs aber der gröfste Unterschied beider Thermometer, wonach man die Stärke der Irradiation zu messen pflegt, in den Monat März fällt. Zum Beweise dieses merkwürdigen Satzes dienen folgende Erfahrungen[3]. Nach den Beobachtungen zu Fort Franklin unter 65° 12′ nördl. Br., 125° 12′ westl. L. v. G. betrug der gröfste Ueberschufs des geschwärzten Thermometers über das freie in den Jahren 1826 und 1827

1 Encyclopaedia metropolitana. Art. Meteorologie. p. 57.

2 Die Messungen von Back und Kendal sind die einzigen mir vorgekommenen, woraus dieses Resultat nicht hervorgeht und welche daher vor der Hand als Ausnahmen gelten müssen.

3 Narrative of a second Expedition to the shores of the Polar Sea etc. By John Franklin. Lond. 1828. 4. App. III.

Digitized by Google

im October	13°,04 C.	im März	36°,11 C.
- November . . .	17,22 -	- April	28,33 -
- December	15,55 -	- Mai	27,80 -
- Januar	21,93 -	- Juli	21,38 -
- Februar	26,11 -	- August	18,00 -

Auch zu Carlton-House unter 52° 51′ nördl. Br., 106° 13′ westl. L. v. G. betrug diese Gröfse 1827 im Februar 31°,66; im März 33°,33; im April 22°,77. Richardson leitet diese gröfsere Wirkung bei zunehmender Sonnenhöhe als bei abnehmender von der gröfsern Reinheit der noch nicht mit Dünsten verunreinigten Luft ab, es dürfte aber dabei auch der Umstand in Betracht kommen, dafs der im Winter tief erkältete Erdboden bei beginnender Wiedererwärmung durch die Sonnenstrahlen der Umgebung eine bedeutende Menge Wärme entzieht, und dadurch einen gröfsern Unterschied zwischen dem im Schatten hängenden und dem von der Sonne beschienenen Thermometer bedingt, als zu der Zeit, wenn der Boden bereits eine gröfsere Menge Wärme aufgenommen hat. Beide Ursachen mögen auch gemeinschaftlich bewirken, dafs unter höhern Breiten gleichfalls die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen Vormittags gröfser ist, als Nachmittags, also bei zunehmender Erhebung der Sonne stärker als bei abnehmender. Inzwischen geht dieses Resultat aus den mittleren Resultaten aller im Monat Mai vom 4ten bis 31sten zu Fort Franklin angestellten Messungen nicht sehr evident hervor. Diese geben vielmehr für

5 Uhr . .	3°,50 C.	11 Uhr . .	16°,70 C.	3 Uhr . .	13°,15 C.
8 — . .	11,32 —	12 — . .	17,10 —	4 — . .	11,71 —
9 — . .	13,23 —	1 — . .	16,71 —	5 — . .	9,89 —
10 — . .	14,77 —	2 — . .	14,60 —	6 — . .	8,35 —

worin allerdings 10 Uhr und 9 Uhr ein merkliches Uebergewicht über 2 Uhr und 3 Uhr haben, 8 Uhr aber gegen 4 Uhr zurückbleibt. Wenn nicht anderweitige Bedingungen hinzukommen, so ist wohl ohne Zweifel die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen der Höhe der Sonne und ihrer Erhebung über den Horizont in irgend einem noch nicht genau bestimmten Verhältnisse proportional.

Digitized by Google

65) Bei der Untersuchung der Wärmeerzeugung durch Sonnen- und Lichtstrahlen kommt vorzüglich der Unterschi der *farbigen Lichtstrahlen* in Betrachtung. Einer der erst welche Versuche hierüber anstellten und die Resultate beka machten, war LANDRIANI[1]; dieser fand das Maximum der wärmenden Kraft in den gelben Strahlen des Spectrums. N lange nach ihm gelangte ROCHON[2] durch seine im Sommer 17 angestellten Versuche zu einem ähnlichen Resultate, dafs nä lich die stärkste Erwärmung zwischen Gelb und Roth an ei Stelle liege, die er bald *orangé*, bald *rouge orangé*, ner Uebereinstimmend hiermit fand SENNEBIER[3] aus zahlreic und oft wiederholten Versuchen, dafs das rothe Licht s mehr Wärme erzeuge, als das violette, bisweilen aber das ge mehr als das rothe. Im Mittel aus allen Versuchen und n einem zur Bestätigung hervorgehobenen Beispiele sind die g ben Strahlen für die am meisten erwärmenden zu halten. D ältere HERSCHEL[4] war aber wohl der erste, welcher di wichtige Entdeckung zum Gegenstande sehr weitläuftiger U tersuchungen machte. Beim Aussuchen verschieden gefärb zur Beobachtung der Sonne verwandter Gläser fiel ihm auf, d einige derselben weniger Licht, andere mehr Wärme dur liefsen, und er entschlofs sich daher zur Ausmittelung der hi auf bezüglichen Thatsachen durch eine Reihe von Versuch Indem er die farbigen Strahlen des Spectrums durch ei Schlitz in einer eigens hierzu verfertigten Vorrichtung fall liefs, fand er, dafs ein feines Thermometer in den roth Strahlen binnen 10 Minuten im Mittel um 3°,8, in den grü um 1°,8 und in den violetten um 1°,1 C. stieg, wonach s also die erwärmende Kraft derselben nahe wie 3,5 : 1,5 : 1 v hielt. Bei einer folgenden Reihe von Versuchen fand er,

---

1 S. VOLTA Lettere sull' aria inflammabile nativa delle Paludi. lano 1777. p. 136. Entlehnt aus Scelta d'Opuscoli interessanti. XIII.

2 Recueil de Mémoires sur la Mécanique et Physique. Par. 1 p. 136.

3 Physicalisch-chemische Abhandlungen über den Einfluss Sonnenlichts auf alle drei Reiche der Natur. Leipz. 1785. Th S. 37.

4 Philosoph. Trans. 1800. P. II. p. 255 ff. G. VII. 138. M Corr. Th. III. S. 72 u. 558.

Digitized by Google

Wärmeerregung durch die Sonnenstrahlen sich über die ro-
n Strahlen des Spectrums hinaus erstreckte, indem ein Ther-
meter, welches 0,5 Z. von der Grenze der äufsersten rothen
rahlen abstand, in 10 Min. um 3°,6; bei 1 Z. Abstand um
,88 und bei 1,5 Z. Abstand um 1°,75 C. in gleicher Zeit
ieg, statt dafs über das Violett des Spectrums hinaus gar kein
influfs sichtbar wurde. Herschel folgerte hieraus, dafs das
onnenlicht von Wärmestrahlen begleitet sey, welche eine ge-
ngere Brechbarkeit besäfsen, als das Licht. Bei der ungleі-
en erwärmenden Kraft der farbigen Lichtstrahlen und der
hnell abnehmenden Intensität derselben kommt es sehr dar-
f an, wo man den Anfang der Messung macht, und hieraus
t erklärlich, dafs Rochon[1] die erwärmende Kraft im Spectrum
om violetten Ende zum rothen hin im Verhältnifs von 1 : 8
nd. Herschel[2] folgerte aus seinen Versuchen, dafs der
urch eine Brennlinse erzeugte Brennpunct der Wärmestrahlen
icht mit dem der Lichtstrahlen zusammenfalle, indem der er-
e vielmehr um 0,25 Z. weiter als der zweite von einer gro-
en Brennlinse abstand, deren Oeffnung durch eine Blendung
is auf 3 Z. gebracht war. Herschel suchte aufserdem den
Wärmeverlust auszumitteln, welchen transparente gefärbte und
ngefarbte Körper erzeugen, und ich setze einige der erhaltenen
Resultate her, obgleich es ihnen an der für die Wissenschaft
erforderlichen Schärfe gebricht.

Substanzen	Wärmeverlust
Weifses Flintglas	0,091
Isländischer Krystall	0,244
Talk (Glimmer?)	0,139
dunkelrothes Glas	0,800
orangefarbenes Glas	0,604
gelbes Glas	0,333
dunkelgrünes	0,849
blafsblaues	0,812
dunkelblaues	0,362
indigoblaues	0,633
purpurfarbiges	0,583

[1] Philos. Magaz. T. XIV. p. 408.
[2] Philos. Trans. a. a. O. und 1803. p. 464. G. XII. 521.

Digitized by Google

und kehrte nach den Versuchen auf seinen ursprünglich
wieder zurück. Bei einer zweiten Versuchsreihe s
Thermometer mit geschwärzter Kugel

im rothen Lichte . . . . . um 1°,66
aufserhalb des rothen Lichtes . . . – 2,77

das Thermometer mit weifs gefärbter Kugel

im rothen Lichte um . . . . 1°,66 C.
im vollen Dunkel um . . . . 0,27 –

Bei einem dritten Versuche stieg das geschwärzte Ther
bei vollem Sonnenscheine an der Grenze des Roth in
ten um 6°,66 C., das weifs gefärbte um 1°,66. B
vierten Versuche, als gleichfalls die Sonne sehr hell
stiegen während 3 Min. das geschwärzte Thermometer i
Roth um 8°,88, das weifs gefärbte um 1°,93; im voll
kel 1,5 Zoll vom Roth das geschwärzte um 5°,55,
sogleich, wenn es in das rothe Licht gebracht wurde, u
wieder, wenn es über die Grenze desselben hinauskam.
wenn die rothen Strahlen neben den Einschnitt im
fielen und sich nur ein schwacher rother Schimmer i
der Linse bildete, stieg dennoch das geschwärzte Ther
aufserhalb des Focus um 5°,75 C.

67) Schon vor Herschel's Versuchen bemühete sich
mann [1], den Einfluſs der Farben auf die Erzeugung der
durch die Sonnenstrahlen auszumitteln, überzog zu
Ende die Kugeln empfindlicher Thermometer mit vers
farbigem Taffent und setzte sie so bekleidet dem Sonn
aus. Hierbei zeigte das unbekleidete Thermometer 29°

dagegen das mit himmelblauem Taffent . 31°,70
— — — schwefelgelbem . . . 30,31
— — — hellgrünem 32,50
— — — apfelgrünem 32,80
— — — rosenrothem 31,25
— — — weifsem 30,31
— — — schwarzem 34,05

Bei einer spätern Reihe mit grofser Sorgfalt und sehr g
ten Apparaten angestellter, vielfach modificirter Versuc
es ihm unmöglich, aufserhalb des Spectrums die gering

1 G. X. 359. Vergl. dessen Versuche über d. Erwärmu
schiedener Körper durch d. Sonnenstrahlen. Karls. 1811. 8. V

Digitized by Google

mung wahrzunehmen[1]. Aus vielen mit Umsicht angestell- und gewifs nicht verwerflichen Versuchen, wobei nicht blofs sive Prismen von verschiedenem Glase, sondern auch solche ewandt wurden, die mit Flüssigkeiten gefüllt waren, hat ünsch[2] nachfolgende Sätze entnommen. Weder über, noch ter dem Farbenspectrum und seinen Schweifen konnte irgend e Erwärmung wahrgenommen werden. Hier wird von den weifen des Spectrums geredet und richtig bemerkt, dafs Spectra keineswegs scharf begrenzt sind, sondern über die tlich sichtbaren Grenzen minder sichtbar hinausgehen, was h aus der Beugung der Lichtstrahlen nothwendig folgt. Die rke der Erwärmung im Spectrum richtete sich nicht nach Intensität der Erleuchtung, denn namentlich war das blaue ht sehr hell, erwärmte aber nächst dem violetten Lichte am nigsten. Sehr wichtig aber ist ein von Wünsch zuerst be- teter Unterschied, welcher auf der Substanz des Prisma's ht. So gaben Prismen mit Alkohol, Terpentinspiritus und sser gefüllt die stärkste Erwärmung im gelben Lichte, das nliche Glasprisma im vollen Roth, das gelbliche im farben- en Schweife an der Grenze das Roth; der Schweif des letz- en leuchtete aber auch stärker, als der des grünen, und dieser rker, als bei den Prismen mit Flüssigkeiten. Ein ganz far- nloses Prisma gab noch weit hellere farbenlose Schweife, als as gelbliche, und in dem Schweife von jenem war die Erwär- ung weit stärker, als in dem von diesem. Alle Prismen end- h, wenn sie vermittelst der Sammlungslinse ein weifses, an r einen Seite mit einem rothen und gelben, an der andern t einem blauen und violetten Saume eingefafstes Bild ga- n, erregten ganz nahe am rothen Saume, jedoch aufserhalb des- lben, allezeit die schwächste Erwärmung; stärker war diese rothen Saume selbst, noch stärker im gelben und am stärk- n im weifsen Focus.

Dafs Ritter[3] die eben erwähnten Versuche und die dar- us entnommenen Resultate sehr heftig bestritt, möge hier nur eiläufig erwähnt werden, da die Thatsachen zu genau und usführlich angegeben sind, als dafs man sie mit Zweifelsgrün-

1 G. XXXIX. 289.

2 Gehlen's Journ. für d. Chemie, Physik und Mineralogie. Th. VI. . 597. Magazin der ges. naturf. Freunde. Th. I. p. 185.

3 Gehlen's Journal a. a. O. S. 633.

Digitized by Google

den vernichten könnte. Zudem wissen wir gegenwärtig, d
Wünsch allerdings auf dem richtigen Wege war, obgleich
ihm nicht gelang, die Aufgabe vollständig zu lösen. Aus
angegebenen Versuchen, woraus die ungleiche Wirkung
schiedenartiger Prismen dargethan ist, läfst sich auch erkl
dafs Leslie die gröfste erwärmende Kraft in der Mitte
Spectrums fand, was aber durch Berzelius[1] bestritten w
Auch dieser streitige Punct wird durch die nachfolgenden
örterungen Aufklärung finden.

68) Einen wichtigen Beitrag zur Beantwortung der v
fach ventilirten Frage hat Berard[2] geliefert, dessen Vers
um so viel bedeutender sind, weil er sich bei denselben eines
liostats bediente, durch welchen die Sonnenstrahlen eine be
big lange Zeit unverrückt auf die Thermometerkugeln fie
Uebereinstimmend mit Herschel fand er die erwärmende K
der Sonnenstrahlen vom Violett an zunehmend, das Maxim
aber im Rande des sichtbaren Spectrums da, wo die Ther
meterkugel noch ganz mit sichtbaren rothen Strahlen bed
war; von hier an nahm die Temperatur stets ab, je weiter
Kugel in die Dunkelheit kam, und als sie sich aufserhalb des sic
baren Spectrums befand, wohin Herschel das Maximum set
stieg das Thermometer um den fünften Theil so hoch üb
die Umgebung, als in dem äufsersten Roth. Wollte man hi
aus einen unumstöfslichen Beweis für die Anwesenheit
Wärmestrahlen aufserhalb des Spectrums hernehmen, so sch
mir dieses zu voreilig, denn es ist nicht wohl bestimmbar,
das allmälig abnehmende Spectrum ganz aufhört, aus
leicht begreiflichen Grunde, weil das Auge unter dem unv
meidlichen Einflusse des helleren Lichtes das minder helle n
wahrnimmt und daher über die Grenze der gänzlichen Ab
senheit des Lichtes kein zuverlässiges Zeugnifs ablegen k
Schon hierdurch könnte man die Hauptfrage, nämlich
unsichtbare, im Spectrum vorhandene Wärmestrahlen, für e
digt halten, allein wir besitzen über dieses Problem aufser d
was neuerdings durch Melloni zur definitiven Erledigung
Frage geschehn ist, noch eine vorzügliche Arbeit, welche
näher gewürdigt werden mufs.

---

1 Jahresbericht. 1828. Th. VI. S. 12.
2 G. XLVI. 381.

Digitized by Google

69) Seebeck[1] unternahm in den Jahren 1806 bis 1808 e lange Reihe von Versuchen, um die so oft ventilirte Auf- e zur endlichen Entscheidung zu bringen. Die bis dahin altenen widersprechenden Resultate führten zu der Vermu- ng, dafs manche Nebenbedingungen nicht gehörig gewür- gt seyn möchten, was auch schon aus den durch Wünsch altenen Erfahrungen mit gröfster Wahrscheinlichkeit her- ging. Seebeck hatte besonders mit den Hindernissen zu pfen, die aus dem so leicht veränderten Zustande der At- phäre hervorgehn, und konnte diese nicht anders, als durch häufige Wiederholung der Versuche beseitigen. Mei- s fiel das Licht durch ein Prisma in ein verfinstertes Zim- , der erforderliche Theil des Farbenbildes durch einen Ein- nitt in einem Schirme, und zum Messen diente ein empfind- es Luftthermometer mit geschwärzter Kugel, welches nach em Versuche ausgeleert und für einen folgenden aufs Neue illt wurde. Um bessere Uebereinstimmung mit den Resul- n früherer Versuche zu erhalten, nimmt er, wie gewöhnlich, en kenntlich unterscheidbare Farben im Spectrum an und t die Grenze des Roth dahin, wo dieses dem Auge noch tlich erkennbar ist und sich in einen schmäleren schwächer ärbten rothen Saum verliert. Aus einer sehr grofsen Menge t lobenswerther Umsicht angestellter und unter sich sehr nau übereinstimmender Versuche gehn folgende Hauptresul- e hervor.

1) In allen Farben des Spectrums findet Wärmeerregung t und diese ist jederzeit am schwächsten an der Grenze Violett.

2) Von hier an nimmt sie zu, wenn man durch Blau und in zum Gelb fortschreitet, und

3) erreicht bei einigen Prismen ihr Maximum im Gelb, entlich beim *Wasserprisma.*

4) Einige andere Flüssigkeiten, namentlich eine ganz kurze te Auflösung von Salmiak und Quecksilbersublimat, desglei- n farblose concentrirte Schwefelsäure, geben das Maximum ler Mitte zwischen Gelb und Roth, also im Orange.

5) Prismen von gewöhnlichem weifsem Glase haben die ste Wärme im vollen Roth.

1 Berliner Denkschriften. 1818 u. 1819. S. 305. Edinburgh rn. of Sc. N. II. p. 358. Schweigger's Journ. Th. XL. S. 129.

6) Manche Prismen von gewöhnlichem, jedoch schon bl haltig scheinendem, Glase geben das Maximum der Wärme der Grenze des Roth,

7) Prismen von Flintglas dagegen jenseit des Roth, w die Kugel des Thermoskops sich aufserhalb des wohlbegren Farbenbildes befindet.

8) Die Wärme nimmt jenseit des Roth stetig ab, aber allen Prismen findet noch einige Zoll über die Grenze des F hinaus Wärmeerregung statt.

Ohne Zweifel haben Herschel, Leslie und Englefi mit Flintglasprismen experimentirt, und aufserdem haben chon, Wünsch und Englefield Glaslinsen angewandt, das Licht mehr zu concentriren, die aber einen bedinge Einfluſs haben mufsten, um so mehr, da sie nicht achromat waren.

Um die Aufgabe noch weiter zu verfolgen, stellte See Versuche mit einem Prisma von hellem weifsem Glase an, sen zwei Flächen mattgeschliffen waren, wovon die Seite aber durchscheinend genug war, um mit der polirten hinlänglich helles Spectrum zu erzeugen. Bei diesem fiel Maximum der Wärme ebenso entschieden aufserhalb des vol Roth, als es bei allen andern innerhalb desselben lag. Wu die matte Fläche des Prisma mit Weingeist überstrichen, kam ein lebhafteres Farbenbild zum Vorschein, dessen Gre bei 6 Fufs Abstand um etwa 2 Par. Zoll tiefer herabging, bei dem mit matter Fläche, wodurch also die Grenze des R welche hierbei die gröfste Wärme gab, an die Stelle des ve Roth bei polirten Prismen, also dahin gerückt wurde, wo l tere das Maximum gaben, so weit sich dieses ohne eigentl genauere Messung bestimmen liefs. Als Hauptresultat entni Seebeck aus allen Versuchen, dafs das Farbenbild nicht s begrenzt ist, sondern dafs sich das Licht desselben noch w hin erstreckt, mindestens bis dahin, wo die gröfste Wärm regung statt findet, wenn es daselbst auch vom Auge mi stark empfunden wird. Unsichtbare, auf das Auge gar n wirkende, aber doch erwärmende Strahlen sind hiernach eb wenig denkbar, als solche, welche chemische Veränderu erzeugen. Die Scheine oder Schweife, wie Wünsch sie ne sind zweierlei Art; einige rühren von Streifen und Welle den Prismen oder von unregelmäfsiger Zerstreuung des Li

Digitized by Google

ihren Kanten her, und solche Prismen müssen verworfen
r am Rande mit einer Blendung versehen werden. Aber
h bei guten Prismen fehlen diese Scheine nicht und sie sind
ter dem Roth blafsröthlich, wie über dem Violett blafsviolett.
ese hätte also Herschel übersehn, und indem er die daselbst
rhandenen Wärmestrahlen durch Linsen zu concentriren
ubte, müfste er vielmehr die Lichtstrahlen condensirt haben.
enn er hierbei kein Licht wahrnahm, so kann die Ursache
in liegen, dafs es für sein anderweitig gereiztes Auge zu
wach war und obendrein von der geschwärzten Kugel zu
ig reflectirt wurde. Versuche mit gefärbten Gläsern oder
gen sind allezeit mifslich, weil zu viele Nebenbedingungen
ei ins Spiel kommen. Man sieht hieraus, dafs Seebeck sich
ubte, blofs wärmende Strahlen in und neben dem Spectrum
unehmen, was auch nicht wohl anders, als in Folge un-
eideutiger Thatsachen geschehn kann.

70) Nur beiläufig angestellte Versuche über dieses Pro-
n führten auch Ruhland[1] zu dem bereits bekannten Re-
ate, dafs der Ort, wo durch das Farbenbild die gröfste
irme erregt wird, veränderlich sey; bei einigen Glaspris-
n und bei einem Prisma aus Borax habe er dasselbe über
s Roth hinausfallend, bei andern im Roth und bei noch an-
rn, mit Flüssigkeiten gefüllten, im Gelb gefunden. Inwie-
rn aber diese Thatsachen mit den von Wünsch und See-
ck aufgefundenen mehr oder weniger übereinstimmen, kann
ht genau ermittelt werden, da seine Versuche hierzu nicht
lständig genug beschrieben worden sind. Von untergeordnetem
rthe sind auch die Versuche von Baden Powell[2], wel-
r das Sonnenlicht gleichzeitig auf zwei Thermometerku-
n fallen liefs, deren eine weifs, die andere schwarz ange-
chen war, und dabei die erregte Wärme gröfser in der
warzen, als in der weifsen fand, aber keinen mefsbaren Un-
schied wahrnahm, wenn diese Sonnenstrahlen zuvor durch
ı dickeres oder dünneres klares Glas fielen.

71) Uebereinstimmend mit den von Wünsch, Seebeck und

---

1 Ueber die polarische Wirkung des gefärbten heterogenen Lich-
. Berl. 1817. S. 50.

2 Annals of Philosophy. 1824. T. VII. p. 324. 401. T. VIII.
31. 237.

Digitized by Google

Ruhland gefundenen Resultaten, aber ungleich tiefer und nauer in die Sache eingehend, sind diejenigen, welche Melle erhalten hat, deren vollständigere Erörterung bei der Unte chung des Durchleitungsvermögens der verschiedenen Kö für Wärme (§. 310) eine geeignetere Stelle finden wird. zwischen geht aus ihnen im Allgemeinen hervor, dafs die W me in den farbigen Strahlen des Spectrums an irgend e Stelle ein Maximum hat und von hier aus nach beiden Se abnimmt; der Ort dieses Maximums wird bedingt durch Substanz, woraus das Prisma verfertigt ist, sofern diese n blofs stärker oder schwächer lichtbrechend wirkt, sondern gleich auch die mit den Lichtstrahlen verbundenen Wär strahlen mehr oder weniger beim Durchgehn zurückhält, sich hauptsächlich daraus ergiebt, dafs die farbigen Lichtst len, wenn man sie durch transparente Medien mit paral Flächen fallen läfst, durch letztere einen ungleichen Wär verlust erleiden. So weit seine Versuche hierher gehören, merken wir nur, dafs es in jedem Spectrum vom Maxim ausgehend nach beiden Seiten hin *isotherme Zonen* geben w deren Lage durch Verrückung des Maximums gleichfalls e Aenderung erleidet und daher bei Prismen aus verschiede transparenten Substanzen verschieden ist. Werden also beiden Seiten der Farbe, worein das Maximum fällt und we in der Regel die rothe ist, sechs isotherme Zonen angenom so giebt im Kronglasspectrum[1]

Violett die schwächste Temperatur,
Indigo, Blau, Grün } die Temperatur steigend,
Gelb, Orange } Temperatur gleichfalls steigend,
Roth . . Wärmemaximum.

Erste	dunkle Zone	. . .	Isotherme des		Orange
Zweite	—	— . . .	—	—	Gelb
Dritte	—	— . . .	—	—	Grün
Vierte	—	— . . .	—	—	Blau
Fünfte	—	— . . .	—	—	Indigo
Sechste	—	— . . .	—	—	Violett.

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 335. Poggend Ann. XXIV. 648.

Nach späteren Versuchen desselben[1] mit einem Steinsalz-
sma wächst die Temperatur im Spectrum vom Violett zum
th und selbst über dieses hinaus bis zu einem Abstande,
lcher der Entfernung des Roth vom Gelb fast gleichkommt.
ihere Aufklärung über die Ursache dieser Verschiedenheiten
ben ihm folgende Erscheinungen[2]. Ein mit Wasser gefülltes
isma wurde durch eine Kupferplatte so weit bedeckt, dafs
r etwa 2 Lin. des brechenden Winkels frei blieben, und dann
das Maximum der Wärme im Orange zur Seite des Roth.
er darauf die Kupferplatte so verschob, dafs nur etwa
Lin. über der Basis des Prisma's frei blieben, lag das Maxi-
m im Gelb zur Seite des Grün. Auf gleiche Weise ver-
chte er bei einem gewöhnlichen Glasprisma das Maximum in
n dunklen Raum oder in das Roth zu versetzen, je nachdem
die Strahlen durch eine Zone an der Kante des brechenden
inkels oder in der Nähe der Basis durchfallen liefs. Es
eint ihm hiernach, als ob ein Theil der Wärmestrahlen durch
wachsende Dicke der Masse des Prisma's zunehmend ver-
luckt werde, und da das Steinsalz letztere Eigenschaft nicht
, so ist ein hieraus verfertigtes Prisma als ein normales zu
rachten. Als Melloni daher die durch dieses gebrochenen
ahlen durch zwei Wasserschichten und zwei Glasplatten von
r Dicke der Zone in den angewandten Prismen fallen liefs,
lang es ihm, das Maximum der Wärme successiv in das
ange und Gelb, so wie in das Roth oder in die äufserste
enze desselben zu versetzen. Läfst man das ganze Spectrum
ch eine 2 bis 3 Millim. dicke, zwischen Glasplatten einge-
lossene Wasserschicht fallen, so findet man das Maximum
Temperatur und die letzte dunkle Grenze näher zum Roth hin-
ückt, was sich noch deutlicher zeigt, wenn die Wasser-
icht dicker wird, denn bei einer 4 Millim. dicken fällt das
ximum schon in das Roth, und vermehrt man die Dicke
ch weiter, so rückt das Maximum in derselben Richtung
t und geht successive ins Orange und Gelb, so dafs es ins
ün zu liegen kommt, wenn die Dicke der Wasserschicht
) Millim. beträgt. Hiermit übereinstimmend rückt auch die

---

1 Annales de Chim. et Phys. T. LIX. p. 418. Poggendorff's Ann. XVII. 486.

2 Aus L'Institut N. 84. p. 410 in Poggendorff's Ann. XXXV. 561.

Digitized by Google

Grenze, wo gar keine Wärme mehr entwickelt wird, ste
ter vor. Aehnliche, aber geringere Wirkungen bringt ei
geschobene Glasplatte hervor. Wendet man statt der f
Glasscheibe ein blaues Kobaltglas an, so verschwindet das
ein grofser Theil des Grün, etwas vom Blau, so wie di
vom Roth, und das Spectrum besteht aus einer Reihe
breiter und ungleich leuchtender, mit dunklen Streifen
selnder Zonen. Ein schön violettes Glas macht in de
das Gelb und Orange verschwinden, so dafs auf der ein
nur Roth, auf der andern Blau und Indigofarbe bleibt;
thes Glas läfst nur die rothen Strahlen durch. Unte
diesen Modificationen behält das Maximum der Wärme
dig eine fast gleiche Lage, und zu beiden Seiten d
nimmt die Temperatur in den successiven Zonen mit de
ten Regelmäfsigkeit ab, die Wärmeerregung wächst a
verschiedenen Modificationen des Lichts unbeschadet, vo
lett zunehmend bis zum Roth.

72) Hiermit sind die Thatsachen genügend festgest
lein die bei weitem schwierigere Aufgabe ist, eine den
nungen angemessene Theorie hierüber aufzustellen.
verschiedenen zur Erklärung aufgestellten Meinungen üb
licher zu machen, wollen wir dieselben unter drei Abth
bringen, je nachdem sie der einen oder der andern vo
wesentlichen angehören, obgleich es schwer ist, sie geh
einander zu sondern.

a) Einige nehmen an, die Lichtstrahlen seyen von
thümlichen Wärmestrahlen begleitet. Anhänger dies
sicht sind, oder waren vielmehr, alle diejenigen,
nach Newton's Hypothese das Licht von der Sonne a
den Raum durchlaufen und auf die Erde fallen liefse
können im Allgemeinen annehmen, dafs alle ältern
sich zu dieser Meinung bekannten, die auf jeden Fall d
fachste ist. Ein Anhänger dieser Hypothese ist auch
schel, sofern er den Wärmestrahlen im Spectrum eine
gere Brechbarkeit, als den Lichtstrahlen beilegt, und au
ihrer geringeren Brechbarkeit würde es dann erklärlich
warum die gröfste Erwärmung im Roth oder selbst
desselben wahrgenommen wird. Nicht minder nimm
Leslie[1] solche eigenthümliche, das Licht begleitende

1 Edinburgh Phil. Trans. T. VIII. Abth. XXI.

hlen an, da er nach seinen Versuchen mit dem Aethrioskop, von sogleich die Rede seyn wird, vom Himmel herabkomende Kältestrahlen wahrgenommen haben will; im Ganzen hier ist seine Meinung über das Wesen der Wärme hiermit nicht im Einklange. Baden Powell[1] concentrirte die Farben des Spectrums durch eine Linse, und fand Wärmestrahlen aufserhalb der Grenze des rothen Lichtes. Nach seiner Ansicht kann man hiernach allerdings eigenthümliche Wärmestrahlen annehmen, er trägt jedoch Bedenken, dieser Hypothese beizupflichten, da die Wärme auf jeden Fall durch die Lichtstrahlen erzeugt worden sey und daher die letzteren diese Fähigkeit der Wärmeerzeugung noch haben könnten, ohne wegen ihrer geringen Intensität das Auge zu afficiren.

Es ist schwer, die Meinungen der Physiker über diese Frage genau zu ermitteln, denn sie reden meistens von einem für sich bestehenden Wärmestoffe, zugleich aber von einer genauen Verbindung zwischen Licht und Wärme, und stellen oft eine Sonderung der Wärmestrahlen von den Lichtstrahlen im Spectrum nicht eigentlich in Abrede, ohne sich jedoch über den Unterschied beider und die eigenthümliche Art, wie Wärme durch die Lichtstrahlen der Sonne erzeugt wird, bestimmt und so auszudrücken, dafs eine eigentliche kritische Beurtheilung ihrer Meinung dadurch möglich würde. Die Ursache hiervon liegt zum *Theil* in der Unbestimmtheit eines unendlich oft gebrauchten Wortes, der sogenannten Strahlung, ohne dafs man jedoch den Begriff, welcher hiermit verbunden werden soll, deutlich angegeben findet. Erregen die Lichtstrahlen Wärme, so nennt man dieses *Wärmestrahlung* und das Product *strahlende Wärme*, ohne deren Wesen näher anzugeben, als dafs sie mit dem Lichte verbunden ist, was übrigens durch die Erscheinung selbst gegeben wird und daher nur als eine Angabe der Thatsache, aber nicht als eine Erklärung derselben gelten kann. So redet Leslie[2] viel von strahlender Wärme, nimmt sogar auch *Kältestrahlen* an, stellt aufserdem die Erzeugung der Wärme durch Sonnenlicht keineswegs in Abrede, ohne jedoch in die Aetiologie des letzteren Processes tiefer ein-

1 Annals of Philos. T. VIII. p. 81. 233 ff.
2 Inquiry into the Nature of Heat. Edinb. 1804. 8.

Digitized by Google

zugehn[1]. Beispielsweise führe ich nur Einiges an. H. Davy[2]: „Es ergiebt sich, dafs die von der Sonne „wegung gesetzte Materie das Vermögen besitze, Wärm „Licht zu erregen, und dafs die Wärmestrahlen wenige „bar sind, als die Lichtstrahlen. Einige Naturforscher s „hieraus, dafs alle Strahlen, welche im Sonnenlichte „erregen, von denen verschieden sind, durch welche „pfindung des Lichts hervorgebracht wird; allein dann „sie wahrscheinlich durch das Prisma ebenso von den „Strahlen abgesondert werden, als dieses die letzteren s Selbst Herschel d. J. in seiner classischen Bearbeitung d melehre[3] sagt: „es geht klar aus den (eben erwähnte „suchen hervor, sofern die erwärmenden Strahlen von „leuchtenden getrennt werden, dafs beide einer Ablenk „ihrer Bahn unterworfen sind, und da sich die erwe „über eine gröfsere Fläche, als die erleuchtenden ve „so mufs ein Wärmestrahl (beam of radiant calor „Strahlen von verschiedener Brechbarkeit bestehn, auc „die Brechbarkeit der letztern eine gröfsere Ausdehnung „als die der erstern.“ Allein hiermit ist das eigentlich sen dieser Strahlen, und auf welche bestimmte Weise si die Sonne erregt werden, zwar keineswegs genügend ben, es geht jedoch aus der hier wörtlich mitgetheilten rung evident hervor, dafs in den von der Sonn gehenden, durch das Prisma aufgefangenen Sonnenstrahl von einander verschiedene Strahlen, leuchtende und mende, vereint sind, die nach der Brechung als getre scheinen. Noch unzweideutiger äufsert sich Melloni über. Aus einer langen Reihe von Versuchen fand er, den durch ein Prisma von Steinsalz gehenden Sonnen das Maximum der Temperatur nicht stets an der nä Stelle in dem dunklen Raume vorhanden ist, welcher ü

---

1 Beiläufig möge hier bemerkt werden, dafs ich die *strahlung* keineswegs in Abrede stelle. Die Wärme strahlt all aber als Wärme und nach eigenthümlichen Gesetzen, wie sp erörtern ist.

2 Beiträge zur Erweiterung des chemischen Theils der lehre. S. 177.

3 Heat. In Encyclopaedia metrop. p. 291.

4 L'Institut. 1840. N. 315. p. 10.

Digitized by Google

renze des Roth hinausgeht, sondern sich bald mehr bald weiger von den Farben entfernt, wenn auch die Bedingungen, is die Stärke der Strahlung und die Durchsichtigkeit der Atnosphäre, dieselben sind. Hieraus schliefst er, „dafs die ‚des Lichts beraubten Wärmestrahlen (*rayons calorifiques ‚dénués de lumière*) in gröfserer oder geringerer Quanti‚tät zu uns gelangen, je nach dem Zustande gewisser atmo‚sphärischer Beschaffenheiten, welche keinen Einfluſs auf die Durchlassung der leuchtenden Strahlen ausüben.“ Ein ähnliches Verhalten der chemischen Wirkungen[1] glaubt er auch us Daguerre's Versuchen folgern zu dürfen. Es ist für die Intersuchung des vorliegenden Problems von gröfster Wichigkeit, zuvor den Beweis festzustellen, dafs die Physiker von Wärmestrahlen reden, die keine Lichtstrahlen, sondern eigentliche Wärmestrahlen sind, von der Sonne ausgehen und auf jeden Fall die atmosphärische Luft durchdringen, ehe sie auf das Prima fallen.

73) Die ältere Hypothese, wonach Wärmetheilchen, so wie Lichttheilchen, von der Sonne ausgesandt auf die Erde fallen nd daselbst von den Körpern aufgenommen werden, läfst sich llenfalls gegen die zu machenden Einwürfe vertheidigen, wenn man das schlechte Hülfsmittel anzuwenden sich nicht scheuet, wankende Hypothesen stets durch neue, noch minder feste, zu unterstützen. Hiernach müfste angenommen werden, dafs nach einem unbekannten Gesetze gerade so viel des höchst elastischen Lichtstoffes aus der Sonne stets ausströmte, um in der unbegrenzten Sphäre das erforderliche Licht zu verbreiten, und dafs gleichzeitig und in Begleitung des Lichtes das gegebene Wärmequantum gleichfalls ausströmte. Letzteres müfste dann genau die nämliche Geschwindigkeit haben, als das Licht, da die Wärme dem Lichte weder vorauseilt, noch hinter demselben zurückbleibt. Ist eine solche absolute Gleichheit der Bewegung zweier, sich anderweitig sehr verschieden äufsernder, Stoffe schon an sich sehr unnatürlich, so läfst sich noch weniger darüber entscheiden, ob bei diesem Processe das Licht die Wärme oder die Wärme das Licht mit sich fortreifst. Fer-

1 Il y a une très grande analogie entre ce phénomène et celui observé par M. Dagnerre relativement à l'action diverse des radiations chimiques correspondantes à des hauteurs égales du Soleil au dessus de l'horizon.

Digitized by Google

sität, sey ein Licht von zu geringer Stärke, als dafs es vom Au empfunden werde, wie denn auch ein stärker glühender Kö per mehr Licht verbreite, als ein minder stark glühender; alle dann müfste ein beleuchteter Körper stets genau so warm sey als ihn die Erhitzung bis zu dem jedesmal beobachteten He ligkeitsgrade zu bringen vermöchte, und namentlich müf Leuchtholz die Wärme schwacher Glühhitze haben. Nehm wir die chemischen Eigenschaften des Lichtes hinzu[1], welc durch Wärme nicht erzeugt werden, und die Veränderung der Körper durch Wärme, die das Licht hervorzubring nicht vermag, so kann von einer absoluten Identität nic wohl die Rede seyn.

Untersucht man die Aeufserungen der Physiker etwas g nauer, so überzeugt man sich bald, dafs sie sich über die be den andern Arten der Vorstellung keineswegs bestimmt au drücken[2]. Ist die Rede vom Uebergange der Wärme aus e nem Körper in einen andern, von der specifischen und latente Wärme, von den Wirkungen der Wärme, wie sich diese durc die Ausdehnung, Flüssigmachung und Gasification äufsern, i ist unverkennbar von einem eigenthümlichen, dem Lichte we der ähnlichen noch ihm verwandten Wärmestoffe die Rede, un es müfste demnach, wenn durch Licht Wärme erzeugt wird nothwendig eine eigentliche Umwandlung, ein Uebergang i einen verschiedenartigen Stoff statt finden. Sofern aber dies Erzeugung der sogenannten dunklen Wärme durch sogenannt leuchtende Wärme (Licht) statt findet und beide Arten de Wärme sich strahlend zeigen, geht die Eigenthümlichkeit de Lichtes nicht ganz verloren; eigentliche Umwandlung wird nicht angenommen, sondern nur eine Modification des Lichtstoffe Dieses geht dem Wesen nach aus den Aeufserungen der Ge lehrten hervor; wir wollen die verschiedenen Modificatione derselben in einigen Beispielen näher erläutern.

76) Nur im Allgemeinen reden Link[3] und Berthollet[4] von einer Gleichheit beider Stoffe, die sie aus der Aehnlichke

1 S. Art. *Licht. Chemische Wirkungen.* Bd. VI. S. 803.

2 Wuttig's Hypothesen in G. XXII. 415, wornach Licht un Wärme identisch und doch verschieden in ihren Wirkungen seyn so len, überhebe ich mich näher zu erörtern.

3 Beiträge zur Physik u. Chemie. Rostock 1797.

4 Statique chimique. T. I. p. 194.

Digitized by Google

Verhaltens beider folgern, Dizé[1] aber will aus eigenen Erungen darthun, dafs beide ein und derselbe Stoff sind; inschen beziehen sich diese blofs darauf, dafs gebrannter Kalk, Wasser oder Säuren benetzt, Wärme und Licht entwickelt, teres nachdem er durch das Brennen blofs Wärme aufgemmen hat, die hier als Licht erscheinen soll, wonach beide o identisch seyn müfsten. Der Beweis ist, wie man leicht ersieht, ebenso wenig begründet, als ein anderer, daraus entmmener, dafs leuchtender Phosphor das Thermometer etliche ndertstel eines Grades steigen macht und elektrische Funken irme erzeugen.

Die Hypothese von der Identität des Lichts und der irme ist von keinem Andern, so viel ich weifs, so klar und scharfsinnig entwickelt worden, als von Prechtl[2]. Wir müssen nach den *Wärmestoff* als eine äufserst feine und höchst elaich-flüssige Materie betrachten, deren Theile sich in grofser ffernung abstofsen, und die daher in Vergleichung mit andern terien als inponderabel zu betrachten ist, obgleich sie auch ziehung gegen andere Körper hat und sich in ihrem Verten durchaus als materiell zeigt. Der Wärmestoff ist daher ch das Universum verbreitet, um die Weltkörper aber anäuft, auch in einzelnen Körpern bis zu einem hohen Grade r Verdichtung vorhanden, und sucht sich vermöge seiner astieität von diesen Körpern wieder zu entfernen, um mit n der Umgebung ins Gleichgewicht zu kommen. Er ist nnach einer verschiedenen Bewegung fähig, von der stärksten, lche die Empfindung des *Lichts* mit seinen Abstufungen engt, bis zu der geringeren, welche die Erscheinungen der irme hervorruft. Wird der Wärmestoff durch die Umwälng der Sonne oder auf jeden Fall durch irgend eine Kraft ses Himmelskörpers in Bewegung gesetzt und pflanzt sich se Bewegung bis zur Erde fort, so erhalten wir einen Sonnstrahl, welcher nicht erwärmend wirkt, so lange er in der nglichen Geschwindigkeit verharret, dagegen in Wärme rgeht, sobald diese Geschwindigkeit seiner Bewegung durch Anziehung irgend eines Körpers aufgehoben wird. Die hende Kraft der Luft gegen die Lichtstrahlen ist beim

1 Journ. de Phys. T. VI. p. 177. G. IV. 410.
2 G. XX. 305.

Digitized by Google

Durchgange derselben geringer, wird aber stärker, wenn strahlende Kraft des Lichts durch die Anziehung der Erde ge dieselben geschwächt ist[1], und daher erwärmt sich die l stärker in der Nähe der Erdoberfläche. Spiegelnde Körper we die Lichtstrahlen zurück, ohne ihre strahlende Kraft zu elidi und können sich daher nicht erwärmen, dunkle dagegen wer erwärmt, weil durch Elision der strahlenden Kraft das L zur Wärme wird, und ein ähnliches Verhalten findet bei dur sichtigen Körpern statt[2]. Das Klima der Planeten wird d durch die Höhe ihrer Atmosphären und ihre Masse bedingt. chemischen Wirkungen der Lichtstrahlen beruhen im Allge nen auf einer gröfseren Verwandtschaft des Sauerstoffs Wärmestoff, dessen strahlende Kraft durch ihn stärker, durch die andern Bestandtheile der Körper elidirt wird, so der Sauerstoff vorzugsweise Wärme aus dem Lichte bin statt dafs die nicht strahlende, und daher nicht leuchte Wärme an alle Bestandtheile in gleicher Menge übergeht. Lichtstrahlen werden dadurch in Farben zerlegt, dafs ihre st lende Kraft vermindert wird; diejenigen müssen daher am stärk erwärmen, bei denen dieses bereits der Fall war, die dann e daher am wenigsten reflectirt werden, also die rothen, und ne diesen müssen noch andere, minder schnell bewegte liegen, die nc stärker erwärmen. Durch Zuführung der Wärme in einen Kö wächst die Elasticität des Wärmestoffes, bis sie zur Strahlung üb geht und der Körper erst roth, dann weifs glüht, weil der Ue gang zu schnell erfolgt, als dafs andere Farben entstehen könn

Es würde überflüssig seyn, noch weiter zu erwähnen, welche Weise die Erscheinungen des irdischen Leuchtens

1 Ist die strahlende Kraft des Lichtes eine Folge seiner schn Bewegung, so mufs beides durch die hinzukommende Anziehung Erde verstärkt, aber nicht geschwächt werden; die Ursache der Sch chung durch diese Ursache ist also nicht deutlich angegeben.

2 Wenn Parchtl die gröfsere Helligkeit aufserhalb unserer in Zweifel stellt, so scheint mir hierin eine unnöthige Inconseq zu liegen; denn eben die bekannte aufserordentliche Geschwindi des elastischen Stoffes bedingt seine Leuchtkraft, auch streitet d gegen die mit der Erhebung zunehmende Helligkeit. Ebenso w kann ein Meteorstein bei seinem Eintritt in die weniger dichte und seinem Durchgange durch die Atmosphäre aus dieser Glühl annehmen, da er sie bei der Berührung der Erde, also unter gü gern Bedingungen, wieder verliert. Hiernach müfste die nämliche sache erst Wärme erzeugen und dann wieder vernichten.

Digitized by Google

wärmens mit dieser Theorie zusammenhängen, da in Gemäfsheit der neuerdings aufgefundenen Thatsachen die Unhaltbarkeit dieser Hypothese, ihrer anscheinend grofsen innern Consequenz ungeachtet, gegenwärtig sich leicht nachweisen läfst.

77) Wollen wir zuerst die Schwierigkeiten aufsuchen, die ihr selbst liegen, so wird angenommen, dafs die schnellere Bewegung des Stoffes, welcher die Erscheinungen des Lichts und der Wärme erzeugt, die Phänomene des Lichtes, die langsamere aber die Phänomene der Wärme hervorruft. Nach den mechanischen Gesetzen ist aber die Kraft, welche ein Körper übt, eine Function der Geschwindigkeit; das ätherische Fluidum müfste also als Licht die gröfste Gewalt ausüben, allein noch dehnt das Licht weder die transparenten noch die dunkeln Körper beträchtlich aus; wohl aber bewirkt dieses die Wärme. Liefse sich auch diesem Einwurfe begegnen, so steht noch das Verhalten der im Sonnenlichte erhitzten Körper ohne innern Zusammenhang da. Die strahlende Kraft, eine Folge der Elasticität, wird aufgehoben und es entsteht Wärme dadurch, dafs der Stoff durch Anziehung in Körpern gebunden wird; woher aber nimmt eben dieser Stoff, der nur durch sein Gebundenseyn zur Wärme wird und um so mehr Wärme seyn mufs, je mehr er gebunden ist, das Vermögen der irdischen Strahlung? Es genügt hierbei nicht zu sagen: der Wärmestoff wird zugeführt, denn dieser Ausdruck, aus einer andern Hypothese genommen, pafst in diese neue nicht. Das Licht wird Wärme durch Gebundenseyn, und die Intensität der Wärme mufs der Stärke des Gebundenseyns proportional seyn; die einmal gebundene Wärme kann nicht ohne Grund das Bestreben, sich wieder zu bewegen, oder mehr zum Lichte überzugehen, annehmen. Die Spiegelung und überhaupt die Erscheinungen der Reflexion, aus der Hypothese der Wellen so leicht erklärbar, bleiben nach Prechtl ebenfalls räthselhaft. Da die Molecüle des angenommenen, durch Strahlung, d. h. schnelle Bewegung, leuchtenden Stoffes unendlich klein sind, so trifft ein jedes derselben als unmefsbares Element ein ebenso kleines des spiegelnden Körpers und warum sollte dieses dasselbe nicht anziehen? Wir lassen uns durch das Zurückprallen elastischer Kugeln nicht irre führen lassen, denn hierbei werden die Theilchen der elastischen Körper einander näher gerückt, springen wieder in ihre frühere Lage und bewirken dadurch einen Rückgang; ist

aber ein bewegtes Molecül einmal in Bewegung (S
kann diese nicht negativ (entgegengesetzt) werden,
= 0 zu werden; der Uebergang von positiver zu neg
gung geht nothwendig durch 0, und da die Aufheb
benen Bewegung eine Verwandlung in Wärme bedi
mufs alles auf Körper jeder Art fallende Licht zu
den. Im rothen Lichte soll die Bewegung des Aet
ringsten, daher die Wärme am stärksten seyn, die
wegung des weifsen Lichts wird aber langsame
Wirkung des Prisma's; aber wenn das erste Prism
gung des weifsen Lichtes so weit schwächt, dafs
rothe Strahlen entstehen, so müfsten die durch das
destens etwas aufgehaltenen blauen Strahlen durch
oder drittes u. s. w. so weit verzögert werden, dafs
falls roth würden, was gegen die Erfahrung streitet
pothese läfst ferner die Frage ganz unbeantwortet,
geht, dafs das wenig helle, nicht röthliche, vie
bläuliche, Licht des Knallgasgebläses eine ungleich st
im Quarz, Kalk, blanken Platin u. s. w. erzeugt, a
nenlicht von der gröfsten bis zur geringsten Helligk
dessen Farbe immer seyn mag[1].

Vor allen Dingen aber kommt dasjenige in
was aus der neuesten Erweiterung der Optik
Prechtl ist zwar in seiner Hypothese auf gewisse
hänger der Undulationstheorie, denn er leidet die L
nungen aus Bewegung ab, allein diese Theorie war
in ihrer gegenwärtigen vollständigern Ausbildung
Nehmen wir sie so, wie sie jetzt besteht, so wä
blofs ein wahrhaft überflüssiges, sondern auch ein
Bemühen, die Identität von Licht und Wärme darth
len. Ueberflüssig wäre dieses Bestreben, weil sich
That überhaupt kein Grund, viel weniger ein triftig
genügender, auffinden läfst, welcher uns abhalten k
eigenthümlichen, vom Lichte verschiedenen, Wärme
nehmen, vielmehr werden wir hierzu gezwungen,
die auffallende Verschiedenheit der Wärmephänomen
des Lichts scharf ins Auge fassen. Als zwecklos

1 Vergl. Parrot Entretiens sur la Physique T. IV. p
chie's Versuche in Phil. Trans. 1827. P. II. p. 139.

Digitized by Google

erscheinen, wenn man berücksichtigt, daſs die Licht-
e sich so einfach und genügend erklären lassen, sobald
für sich allein nimmt und sie nicht gewaltsam mit den
nomenen verbinden will. Die Erscheinungen des
die Wirkungen des durch das Universum verbrei-
äthers, welcher so fein ist, daſs seine stärksten Vi-
nur durch die eigenthümlichen zarten Gesichtsnerven
werden. Die gleiche Geschwindigkeit, womit die
dieses Aethers als sogenannte Lichtstrahlen die
Räume durchlaufen, ohne durch Hinstreifen neben
Körpern merklich verzögert oder beschleunigt zu wer-
eiset wohl genügend, daſs derselbe der Anziehung ge-
Körper wenig oder gar nicht unterworfen ist. Mir
nichts weniger als schwer begreiflich, da auch die
sie von einigen Körpern absorbirt, auch als grö-
bei weitem minder elastische Flüssigkeit von allen
gezogen wird, dennoch in den Körpern im Allgemei-
verdichtet wird und keine Atmosphären um sie bildet.
lich würde es uns aber erscheinen, wenn jemand
wollte, die aus der Luft in feste Körper übergehen-
wellen würden in diesen verdichtet und brächten
Menge vom Schalle gänzlich verschiedener Erschei-
hierdurch hervor, und doch tragen Manche kein Be-
dieses vom Lichtäther zu behaupten. Wird letzterer
Körpern durch Anziehung verdichtet, was übrigens
nicht erwiesen und zur Erklärung der Phänomene
erforderlich ist, so kann diese Verdichtung nur eine
, die Lichtwellen unbedeutend afficirende, auf keine
Ursache der Verwandlung in ein Wesen heterogener

Unter die Anhänger der Hypothese von der Identität
und der Wärme gehört vorzüglich auch Biot[1], und
hauptsächlich genannt werden, weil so Viele, durch
ität geleitet, ihm hierin gefolgt sind. Es würde
seyn, im Einzelnen nachzuweisen, wie er die ver-
Erscheinungen des Lichts und der Wärme mit die-
hypothese in Einklang zu bringen sucht, und es genügt
nur nachzuweisen, daſs er wirklich beide dem Wesen

[1] Traité de Physique. T. IV. p. 612 u. a. v. a. O.

nach für identisch hält, indem das Licht zur Wärme soll, wenn seine grofse Geschwindigkeit zur langsam wegung oder zur Ruhe übergeht[1]. Man darf hier übersehen, dafs Biot zu dieser Hypothese auf gewis gezwungen war; denn da er das Licht als materiell von der Sonne ausgehen und auf der Erde anlangen mufste er nothwendig, um die Wärmeerregung im Br zu erklären, entweder die oben (§. 73) bereits als n dargestellte Hypothese von eigenthümlichen, die Lic begleitenden, Wärmestrahlen annehmen, oder eine Ver des Lichts in Wärme zugestehn.

Es liefsen sich noch weit mehrere Gelehrte anfü durch die Aehnlichkeit beider Phänomene, der Lich und der Wärmestrahlung, veranlafst wurden, eine Iden der Potenzen anzunehmen, wenn sie auch Bedenke diese Ansicht bestimmt auszusprechen; inzwischen w unter diesen doch Leslie[2] nennen, welcher noch viel über Wärme geschrieben hat.

79) Mit der Hypothese einer Gleichheit der W des Lichts ist eine andere gleichsam nothwendig v die wir hier näher prüfen wollen, um so mehr, da früher gelegentlich erwähnt werden mufste. Wird in Wärme verwandelt, auf welche Weise dieses auc hen mag, so mufs nothwendig die Wärme durch d hörlich zur Erde gelangende Licht bedeutend und w vermehrt werden, als sich mit der Erfahrung verein Um dieser Schwierigkeit auszuweichen, nahm man zur ten *Strahlung* seine Zuflucht, die man die irdische na bei Täuschungen um so weniger zu vermeiden ware wisser und ohne Widerrede es eine *Wärmestrahlu* Letztere einfach aufgefafst besteht darin, dafs die einem Körper aufgehäufte stärkere Wärme an einen stark erwärmten Körper, ohne Zwischenmittel und un

1 La transmission plus abondante à mesure, que le ra colorifique s'approche de l'état de lumière, semble indiquer d'un même phénomène qui, dans ses modifications diverse nous inégalement, comme si les émanations calorifiques n'e de la lumière obscure, et la lumière du calorique lumineux.

2 Inquiry into the nature of Heat. 1804. Philos. Tr P. I. prop. 40.

Digitized by Google

rührung beider Körper, übergeht. Man glaubte sich hierdurch berechtigt, anzunehmen, dafs die auf der Erdoberfläche erzeugte, aus dem Lichte entstandene Wärme nach eintretender Dunkelheit wieder zum leeren Himmelsraume zurückkehre. Wo sie dort bleibe, ob sie sich im Weltenraume zerstreue und diesen nach und nach erwärme, diese nicht blofs natürliche, sondern wohl nothwendige Frage blieb unbeantwortet; blofs Biot antwortet beiläufig an, die Wärme möge wohl auf irgend eine unbekannte Weise der Sonne wieder zuströmen und so abwechselnd zwischen Sonne und Erde kreisen. Autoritäten für diese Meinung anzuführen würde unnöthige Weitläuftigkeit veranlassen, die um so mehr vermieden werden kann, da wohl mit äufserst wenigen Ausnahmen alle Physiker diese sogenannte radische Wärmestrahlung annehmen und in der durch Wells[1] aufgestellten Theorie des Thauens eine schöne Anwendung und Bestätigung derselben finden. Zweckmäfsiger wird es seyn, die Thatsache, wie sie allein vorstellbar seyn kann und nothwendig seyn mufs, deutlich im Einzelnen zu entwickeln, hauptsächlich um den unbestimmten Ausdruck *Strahlung* von der magisch wirkenden Achtung zu entkleiden, die ihm zu Theil geworden ist und die gewifs in dem umgebenden Dunkel Viele zu Anhängern der Theorie gemacht hat, von denen jedoch keiner, so viel mir bekannt, sich jemals zu einer Analyse der Thatsache verstanden hat. Aufserdem ist es nothwendig, denjenigen Apparat hier zu beschreiben, dessen man sich vorzugsweise zur Wahrnehmung dieser Strahlung bediente.

80) Die ganze Hypothese, den Uebergang des Lichts zur Wärme und die Strahlung der letztern betreffend, wird stets ganz kurz angegeben. Das Licht, namentlich das der Sonnenstrahlen, erzeugt Wärme. Dieses ist Thatsache, die nicht widersprochen werden kann. Hiernach ist die Wärme einmal vorhanden und sie müfste ohne Unterlafs zunehmen, allein sie strahlt wieder zurück und zwar vorzugsweise gegen den heiteren Himmel, wobei diejenigen Bedingungen und Modificationen statt finden, die im Artikel *Thau* bereits erwähnt worden sind und welche hier zu wiederholen nicht nöthig scheint. Dabei wird stillschweigend vorausgesetzt, dafs die Quantitäten des ausstrahlenden Wärmestoffs, einige Schwankungen nicht ge-

1 S. Art. *Thau*. Bd. IX. S. 687.

rechnet, welche die ungleichen Wechsel gröfserer Hitze o einzelner Jahre und Jahreszeiten bedingen, sich s Gleichgewicht halten, obgleich es mit grofsen Schwie verbunden seyn dürfte, den oft so enormen Unters intensivsten und geringsten Kälte der Winter und der Sommer an den nämlichen Orten hiermit in Ein bringen.

Das Instrument, wodurch die statt findende Stral Wärme von der Erde gegen den heitern Himmel oft gefunden wurde, soll von Wollaston erfunden word welcher damit schon vor 1814, also vor dem Ersch Werkes von Wells über den Thau, Versuche anst Biot[2] eine Nachricht davon mittheilte, die von diese lich bekannt gemacht wurde. Auch Leslie macht au findung Anspruch, allein dieser machte von seinem In erst im Jahre 1817 Gebrauch[3]. Der Apparat, *Aethrios* *αἰθήρ* die helle Luft und *σκοπέω* ich sehe) genannt, aus einem Hohlspiegel mit einem empfindlichen The in seinem Brennpuncte, den man gegen den heitern richtet, und wenn dann das Thermometer sinkt, so man dieses als Folge einer Entfernung der Wärme Himmel, der sogenannten irdischen Strahlung. Mur

Fig. 89. ein tragbares Aethrioskop angegeben. Dieses besteht Glaskugel B auf einem kleinen hölzernen Gestelle, w Hälfte mit Weingeist gefüllt ist. In diese wird d einer Thermometerröhre CD eingeschliffen, deren Scal als Säule dient, um den Hohlspiegel A zu tragen. I puncte des letztern befindet sich die kleine Kugel b d thermometers, und zugleich ist er mit einem Dec schlossen, den man wegnimmt, um die Strahlung obachten. Leslie[5] hat die anfängliche Einrichtung

1 Edinburgh Philos. Journ. N. IX. p. 176.

2 Bulletin des Sciences par la Soc. Philom. Nov. 181 Journ. of the Royal Instit. T. III. p. 184.

3 Edinburgh Philos. Trans. T. VIII. p. 484.

4 Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 356.

5 Description of Instruments, designed for extending proving meteorological observations. Edinburgh 1820. 8. von Brandes. Leipz. 1823. Darin ist indefs das Aethrioskop gens beschrieben, wohl aber in Robert Nicholson's Anwei

Digitized by Google

[1], inzwischen ist, wo nicht bei den frühern, mindestens bei den ältern Instrumenten die unterste Kugel mit einer auswärts blanken messingnen so umgeben, dafs zwischen beiden ein kleiner Zwischenraum bleibt; bei andern Exemplaren ist die untere Kugel, etwa doppelt so grofs als die obere, mit einer Hülle von Leinwand umgeben, um die Strahlung derselben zu verhüten. Nobili[2] verglich ein von Newman in London verfertigtes Exemplar mit seinem Thermomultiplicator, wobei jenes das Uebergewicht sehr auf die Seite des letztern Instruments fiel. Hiernach ist die Scale des Aethrioskops tausendtheilig; es lassen sich dabei noch halbe Grade füglich schätzen und diese entsprechen 0,05 Grad des Centesimalthermometers. Wird der Deckel geöffnet, so steigt die Flüssigkeit nicht um 30 bis 40 Grade der tausendtheiligen Scale, ja unter günstigen Umständen wohl bis 50 Grade[3]. Dennoch war Nobili's Thermomultiplicator[4] so viel empfindlicher, dafs er, mit seinem Spiegel gegen den heitern Himmel gerichtet, sogleich eine Ablenkung der Nadel um 120 Grade gab, worauf dann die Nadel nahe bei 90°, also dem Maximum der Ablenkung, stehn blieb. Beim Richten beider Instrumente gegen eine Wärmequelle, die allmälig abnahm, kam das Aethrioskop zum Stillstande, während die Nadel des Thermomultiplicators noch Bogen von 25° bis 30° durchlief. Vorher ergab die Beobach-

---

Kenntnifs, Prüfung, Anwendung und Verfertigung aller Arten Thermometer, Barometer, Hygrometer, Pyrometer, Aräometer, Hydrometer u. s. w. 2te Aufl. 1833. 8. S. 72.

1 Er bedient sich dazu desjenigen seiner Differentialthermometer, welches Bd. II. S. 539 beschrieben und Fig. 168 gezeichnet worden ist.

2 Antologia di Firenze N. 136. Poggendorff's Ann. XXVII. 455.

3 Die Reduction ist leicht, da 10 Grade des Aethrioskops auf 1 Grad der Centesimalscale gehn. Ob es aber möglich sey, eine unter allen Umständen sich gleichbleibende Correspondenz zwischen den Graden des Aethrioskops und eines genauen Thermometers zu erhalten, mufs ich nach meinen Versuchen mit Leslie'schen Differentialthermometern bezweifeln; ein Aethrioskop habe ich nie gebraucht. Uebrigens könnte man statt dessen sich auch füglich gewöhnlicher Thermometer bedienen, die sich für die hierzu erforderlichen Temperaturen füglich so verfertigen lassen, dafs man an ihnen noch halbe Zehntelgrade unterscheiden kann.

4 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 999.

Digitized by Google

tung, dafs eine Ablenkung von 66° ungefähr 1 Grade
Ablenkung von 44° ungefähr 0,5 Grad des Aethrioskops
gehörte, woraus die unglaubliche Empfindlichkeit des
Instrumentes genügend hervorgeht. Bedient man sich
Kunstgriffes, die leitenden Drähte umzukehren, wenn
del eine gewisse Entfernung vom Nullpuncte angenom
so geht sie dann nach der andern Seite, und die Emp
keit des Apparates wird dadurch verdoppelt, so dafs
Nobili wohl im Stande ist, den 6000sten Theil eines
der achtzigtheiligen Scale wahrzunehmen. Melloni[1]
sich gleichfalls seines Thermomultiplicators zu Strahl
suchen, und sah die Magnetnadel augenblicklich auf K
gen, wenn er sich jenes feinern Instrumentes statt de
mometers bei dem Versuche bediente. Inzwischen g
schon, die Säule blofs auf eine Fensterbank zu stellen
Reflector gegen den Himmelsraum zu richten, um die a
deutende Abweichung der Magnetnadel wahrzunehmen, u
eine desto stärkere, je ruhiger die Luft und je freier v
sten sie ist. Kommen Wolken in diejenige Gegend de
mels, gegen welche die Axe des Reflectors gerichtet
nähert sich die Nadel sofort dem Nullpuncte wieder
Versuche Melloni's, wonach es der verticalen Stell
Aethrioskops nicht bedarf, sondern nur einer Richtun
den Himmel, um Strahlungsphänomene wahrzunehme
unter Voraussetzung der Zuverlässigkeit der erhaltenen
und der Abwesenheit anderweitig bedingender Einfl
meisten für eine Strahlung entscheidend; dennoch aber
die Wichtigkeit der Sache eine strenge Prüfung des
Problems.

81) Wie grofs und allgemein auch der Beifall se
womit die durch Wells zur Erklärung der Phänom
Thauens aufgestellte Hypothese von einer Strahlung der
Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlen erzeugten Wärm
den heitern Himmel aufgenommen worden ist, so lass
doch die sehr gewichtigen und nach meiner Ansicht unw
lichen Argumente gegen dieselbe bei unparteiischer und
licher Prüfung durchaus nicht verkennen; ich habe mic

---

1 L'Institut 1835. N. 89. Poggendorff's Ann. XXXV. 57

Digitized by Google

n früher als Gegner derselben bekannt[1], und erlaube mir die Sache abermals etwas näher zu beleuchten. Zuvör- : darf nicht übersehn werden, dafs man auf einige That- en gestützt diese Strahlung wie eine *qualitas occulta* hin- ellt hat, ohne die Aetiologie derselben nachzuweisen und mit dem übrigen gesammten Verhalten der Wärme in Ein- ig zu bringen. Existirt eine solche Strahlung, so mufs sie ch irgend eine Ursache erzeugt werden, und diese Ursache entweder im Wesen der Wärme selbst, oder in der Erde, he die erhaltene Wärme wieder zurückstöfst, oder im lee- Himmelsraume, welcher sie anzieht, oder endlich in der inten Wirkung einiger von diesen gegründet seyn[2]. Wird ch in der Theorie des Thauens das durchaus naturwidrige halten der Erde so hingestellt, als ob sie die aufgenommene irme wieder von sich stiefse und gleichzeitig den dadurch ugten Mangel durch Aufnahme von Wasserdämpfen wieder compensiren suchte, so kann doch ein solcher innerer Wi- pruch unmöglich bei näherer Prüfung als statthaft gelten. lem Raume, wohin man die Wärme entweichen läfst, kann Ursache unmöglich liegen, denn nicht zu gedenken, dafs Grenze oder der eigentliche Ort, wohin die Wärme ent- chen soll, gar nicht bestimmt angegeben wird, mithin jeder haltpunct für die Untersuchung fehlt, ob daselbst eine sol- e anziehende Kraft vorhanden seyn könne, führt der weitere rfolg dieser Hypothese zu einer Menge innerer Widersprü- . Strahlt die Wärme wirklich mit solcher Geschwindigkeit, sie in einer Nacht oder wohl gar in wenigen Stunden r die Grenze der Atmosphäre hinaus gelangt, so ist kein ind vorhanden, wodurch diese ihre Bewegung aufgehoben rd, sie mufs sich also in den unmefsbar grofsen Räumen streuen, und während man die Anhäufung derselben auf der le beseitigt, geräth man in eine noch gröfsere Schwierigkeit i fortdauernden Verlustes der Sonne, die nach Jahrtausenden cht ohne Erfolg bleiben könnte, wenn man berechnet, was ein geringer Theil der von der Sonne nach allen Seiten

---

1 In meinem Programm: Sacra natilitia Divi Caroli Friderici cet. sunt. C. W. Muscke. 1819. 4. Vergl. Schweigger's Journ. Th. XXX. 193. Handbuch d. Naturlehre. Th. I. S. 704.

2 Vergl. Baumgartner's Zeitschrift. Th. III. S. 55.

Digitized by Google

ausgesandten Wärme von der Erde aufgefangen wird. Argument bewog vermuthlich Biot zu äufsern, die Erde ausgestrahlte Wärme möge wohl durch einen unbekannten Procefs wieder zur Sonne zurückkehre dieses wäre dann immer nur ein unmerklich kleiner gesammten Verlustes. Tritt am Tage eine Wolke Sonne, so behält der beschattete Theil der Erde seine Wärme nicht etwa ohne Vermehrung bei, sondern e sie augenblicklich. Wollte man diesen Verlust gleic eine Folge der Strahlung betrachten[1], so müfste die W Tage das Gegentheil bewirken, als bei Nacht, denn der Nacht hindert sie die Strahlung und hebt sie und nähme man, um dieser Schwierigkeit zu entgeh andere Ursache dieses Verlustes, etwa das Aufsteigen hitzten Luft und der Dämpfe, an, so liefse sich dies auch für die nächtliche Abkühlung in Anspruch nehm

82) Hiernach kann also die Ursache der nächtlich lung nicht in der Erde liegen, denn diese nimmt übereinstimmend mit dem Verhalten aller Körper überh ihr dargebotene Wärme in Folge der allgemeinen Anz kraft der Materie auf und bindet sie, kann sie daher lich in einem solchen Grade wieder von sich stofsen, dadurch gleichzeitig die an die Wasserdämpfe gebun gierig wieder anziehn sollte, mindestens ist nirgends wiesen worden, ob und wie sie durch das Licht un Abwesenheit hierzu disponirt werden könnte. In d melsräumen darf diese Ursache gleichfalls nicht gesuc den, denn man kann unmöglich einem unbekannten eine solche Kraft beilegen, und sie müfste daher in d me selbst vermöge deren eigenthümlicher Beschaffenhei

1 Hierzu scheint Boussingault, ein eifriger Anhäng Strahlungshypothese, geneigt. Er erzählt in Ann. de Chim. T. LVII. p 113, dafs zu Guaillabamba in Quito auf dem und hochliegendem Boden die Wärme am Tage und die Nacht so stark sey, weil es für die Strahlung so günstig lieg bei Tage die Hitze unerträglich sey und eine Wolke vor d trete, so entstehe plötzlich eine empfindliche Kälte (un fr vif). Es klingt dieses fast, als nehme die Wärme den A der Nichtbeachtung durch die Sonne wahr, um sofort wiede Himmelsraum zu entweichen.

Digitized by Google

lieser Beziehung mufs zuvörderst bemerkt werden, dafs bei Hypothese im Allgemeinen vorausgesetzt wird, es sey ein eigentlicher Zuwachs von Wärme vorhanden, indem diese reder von der Sonne aus der Erde zuströme, oder das von m Himmelskörper ausgesendete Licht in Wärme verwandelt rde; aber beide Hypothesen sind aus den angegebenen Grün- unzulässig. Von unverkennbarer Wichtigkeit ist indefs Argument, wenn man sagt, das Phänomen der Erwärmung Erde durch die Sonnenstrahlen am Tage und ihrer Abküh- während der Nacht sey einmal vorhanden, die Existenz r Wärmestrahlung aber lasse sich nicht in Abrede stellen, die Erde müsse daher ebenso gut, als jeder andere Kör- , Wärme ausstrahlen, und zwar gegen die sie umgebende ere Hülle; die Ursache hiervon liege in der eigenthümli- n Beschaffenheit der Wärme, der wir, wenn auch ohne ere Nachweisung des eigentlichen Grundes, die Eigenschaft Strahlung in Gemäfsheit unzweifelhafter Erfahrungen bei- n müfsten.

Das Gewicht dieses Argumentes läfst sich keinen Augen- t in Abrede stellen, jedoch darf eben in Beziehung auf das tsächliche Folgendes nicht übersehn werden. Zuerst strahlt rdings jeder wärmere Körper seinen Ueberschufs gegen käl- aus, und die Strahlung geht auch wirklich durch den lee- Raum, wie wir vorläufig zugeben wollen, zu Körpern in hältnifsmäfsig geringem Abstande über, das Stattfinden einer hlung gegen den *unbegrenzten leeren Raum* ist aber durch e Erfahrung, aufser die bei der Erde selbst statt findende, ben, die daher nicht durch sich selbst bewiesen werden n. Zweitens aber gewahren wir allerdings, dafs die Wär- eines heifsern Körpers gegen einen kältern strahlt, allein t kein Phänomen gegeben worden, dafs ein wärmerer Körper e Strahlen durch ein noch wärmeres Medium dem kältern per oder gar einem wärmelosen Medium zusendet, wie man der Erde annimmt, deren Wärmestrahlen die mehr er- rmten nächsten Luftschichten durchdringen und dem höhern lust oder sehr kalten Raume zueilen sollen. Eine solche, n andern Thatsachen, wie man sie bisher aufgefafst hat, lechthin widerstreitende Hypothese mufs man daher ent- der überhaupt aufgeben, oder einen genügenden Erklärungs- und dieses gänzlich abweichenden Verhaltens aufsuchen. Ehe

Digitized by Google

dieses aber mit einiger Sicherheit geschehn kann, müssen z erst die Gesetze der Wärmestrahlung, des Durchganges Wärmestrahlen durch die verschiedenen Körper und das V hältnifs derselben zu den Lichtstrahlen näher untersucht w den, und wir verlassen daher diese Betrachtungen, um nachdem dieses geschehn seyn wird, wieder anzuknüp (§. 363).

83) c) Nach einer dritten Hypothese, welche mehrere tere und auch wohl einige neuere Anhänger zählt, sind Lichtstrahlen nicht an sich warm, sondern erregen, ohne sel in Wärme umgewandelt zu werden, nur die in den Körp selbst vorhandene, in einem Zustande der Ruhe oder des bundenseyns befindliche Wärme. Um von den verschiede Autoritäten nur einige der bedeutendsten anzuführen, erwä ich J. A. DE LUC[1]. Dieser nimmt an, die Lichtstrahlen sey nicht an sich warm, sondern würden erst durch ihre Verbi dung mit dem Feuerstoffe zur Wärme umgewandelt. Es ist inzw schen schon oben (§. 3) erwähnt worden, dafs seine, auf lau unbegründete Hypothesen gestützte Theorie eine genauere Pr fung nicht verdient. Auch FLAUGERGUES[2] hält die Sonnen strahlen an sich nicht für warm, sondern nur für Wärme er regend. Am wichtigsten ist wohl die Hypothese, welche W. MARSCHALL v. BIEBERSTEIN[3] hierüber aufgestellt hat. Die ser entlehnte aus seinen astronomischen Forschungen eine sich ziemlich consequente Hypothese über das Wesen des Lich und der Wärme. Beide sind nach ihm eigenthümliche materiel Stoffe, von denen das Licht sich stets im Weltraume bewe die Wärme aber durch eine Art von Anziehung mit den Welt körpern in Verbindung bleibt. So ist die Wärme unserer Er an diese gebunden und erhebt sich nur bis zu einer gewiss Höhe über ihre Oberfläche. Das Licht entbindet die Wär auf unserer Erde, entfernt sich aber der Schnelligkeit sein Bewegung gemäfs augenblicklich wieder und läfst die Wär an manchen Orten stark angehäuft zurück. Diesem gemä zeigt sich an jedem Orte eine tägliche und jährliche Ebbe u Fluth des Wärmestoffs, jene in Folge der täglichen Axendr

1 Lettres physiques et mor. T. V. L. 142.
2 Journ. de Phys. T. LXXXVII. p. 270.
3 V. Zach monatliche Correspondenz. Th. XX. S. 515.

Digitized by Google

ag, diese des jährlichen Umlaufs der Erde um die Sonne. ßerdem können manche sich zeigende Verschiedenheiten der mperatur aus dem chemischen Verhalten der Wärme gegen e Atmosphäre und gegen irdische Körper erklärt werden. af ähnliche Weise, als unsere Erde, verhalten sich auch an- re Weltkörper, und wir können daher nicht schliefsen, dafs e der Sonne nähern oder entferntern eine diesem Abstande pportionale gröfsere oder geringere Wärme haben.

Diese Hypothese ist von den Physikern kaum überhaupt be- htet worden und dennoch hat sie allerdings viel für sich; sie rmeidet eine Menge von Schwierigkeiten, die einer jeden andern tgegenstehn, und wollte man auch anstehn, sie thatsächlich r genugsam begründet zu betrachten, so dürfte es doch nichts eniger als leicht seyn, sie genügend als mit der Erfahrung im Widerspruch stehend zu widerlegen. Auf jeden Fall ist der Satz, ifs die eigenthümliche Beschaffenheit der Himmelskörper ihre mperatur bedinge, welcher damals noch mehr den Reiz der uheit hatte, sicher sehr wohl begründet, und was man hier- er, blofs aus den Entfernungen entnommen, aufzustellen egt, gehört gänzlich in das Gebiet unerwiesener und uner- eisbarer Hypothesen. Wir müssen auch diese Theorie spä- r noch in den Kreis der nähern Untersuchungen ziehn.

84) Früher war ich selbst entschiedener Anhänger der eben rwähnten Hypothese, und ich gestehe, dafs ich noch jetzt wischen dieser und einer andern, demnächst zu erwähnenden hwanke, sofern man überhaupt bei einer allseitig so schwie- gen und dunklen Aufgabe wagen darf, sich zu irgend einer heorie zu bekennen. Hierzu bewog mich insbesondere ein ge Zeit übersehenes, allerdings höchst merkwürdiges Phä- men, welches ich mir erlaubt habe durch den Ausdruck: TTROW's *Problem* zu bezeichnen, weil dieser berühmte Astro- m dasselbe bei der Versammlung der Naturforscher und Aerzte Hamburg zuerst einer nähern Discussion unterwarf[1]. Die ufgabe ist einfach keine andere, als zu erklären, wie es zu- he, dafs die Spinnefäden im Focus der stärksten Refractoren rch das stärkste, concentrirteste Sonnenlicht nicht zerstört erden. Schon früher waren Physiker auf diese auffallende

1 Baumgartner's Zeitschr. Th. II. S. 53. Poggendorff's Ann. XVII. 467.

Digitized by Google

Thatsache aufmerksam geworden, unter denen Marat[1] erste seyn dürfte, denn er fand bei seinen Versuchen mit d Mikroskop, dafs sehr kleine Körper im Focus nicht w wurden, und folgerte hieraus, dafs die Sonnenstrahlen an nicht warm seyn könnten, sondern nur aus den getroffe Körpern Wärme entwickelten. Auch v. Tschirnhaus nahm die geringe Wärmeerregung wahr, welche seine gro Brennlinsen in sehr feinen Drähten erzeugten. Als v. L trow die Lösung dieses Problems in Anregung gebracht h erfuhr ich durch Moll, dafs Wollaston und Arago hierüber unterhalten hätten, ihre Erklärung aber war sei Gedächtnifs entfallen, jedoch erhielt ich dieselbe später d Capitain Kater, welcher sie von Wollaston erhalten h Hiernach soll jeder Körper im Verhältnifs seiner Masse Wä aufnehmen, aber im Verhältnifs seiner Oberfläche ausstrah Ein Spinnenfaden ist als ein Cylinder zu betrachten, und fern bei Cylindern von gleicher Länge sich die Oberfläche Masse wie $2r:r^2$ verhält, mithin die Masse im quadratisch die Oberfläche aber im einfachen Verhältnisse abnimmt, so l sich eine Abnahme denken, wobei die Masse gegen die Ob fläche eine verschwindende Gröfse wird, wie bei einem Spi nenfaden, dessen Wärmestrahlung der Oberfläche proportion daher überwiegend grofs gegen die der Masse proportion Aufnahme der Wärme seyn mufs, so dafs derselbe zu Wärme ausstrahlt, als dafs er im Focus zerstört wer könnte.

85) Genau genommen leuchtet mir diese Erklärung n ein; denn der Spinnenfaden ist anfänglich kalt, die Wär strahlen der Sonne werden ihm erst zugeführt, ehe seine Te peratur zunimmt, sie werden von der Oberfläche aufgenom und zwar dieser proportional; diese Aufnahme geht aber Ausstrahlung nothwendig voraus, und wenn letztere stark soll, mufs auch erstere im gleichen Verhältnifs stark seyn, m hin immer eine Zerstörung durch erhöhte Temperatur statt f den. Kater gestand die Gültigkeit dieser Argumentation wie nicht minder auch die Folgerung, dafs ein gleiches V halten bei andern Wärmequellen gleichfalls statt finden müs

1 Découvertes sur le feu, l'électricité et la lumière. Sec. éd. P 1779. 8.

2 Acta Erud. Lips. 1691. p. 517. 1697. p. 414.

Digitized by Google

lässt sich aber leicht zeigen, dafs ein Spinnenfaden in der
tzten Luft über einer Weingeistlampe da zerstört wird, wo
ı ohne Nachtheil die auf die Hand wirkende Hitze ertragen
n. Zur nähern Prüfung des Thatsächlichen fafste ich eine
nslinse von 7 Zoll Durchmesser und 27 Z. Brennweite in
en schmalen Reif und befestigte sie über einer auf einem
tiv beweglichen Regel, welche eine Drehung nach der Sonne
tattete; am andern Ende war eine Gabel von Draht aufge-
tet, zwischen welche, genau im Brennraume, die zu prü-
le Substanz befestigt oder gehalten wurde. Zu den Versu-
ı wählte ich wolkenfreien Himmel um Mittag im Sommer
1, und erhielt folgende Resultate. Feinstes Blattgold gab
n unerträglichen Glanz, blieb aber unversehrt oder schrumpfte
ammen; Letzteres erfolgte bei Blattsilber sogleich. Ein schwar-
Pferdehaar verbrannte sofort, ein weifses schwieriger, meh-
ı vereint augenblicklich. Menschenhaare verbrannten nur zu-
len; ein Spinnengewebe blieb Stunden lang unversehrt, ob-
ch weifses Papier in 1,5 Zoll Entfernung vor oder hinter
selben augenblicklich verbrannte; englische Metallgaze von
em Eisendraht und noch feinerm Kupferdraht wurde heifs,
nolz aber nicht, obgleich weifses Papier bis 0,75 Z. hinter
selben verbrannte; ein Quecksilberkügelchen auf Glas lie-
ıd verdampfte, eine Uhrfeder wurde glühend, massiver
hwefel schmolz und tröpfelte herab, chemische Zündhölz-
n entzündeten sich augenblicklich; ein Strom Wasserstoff-
aus einem Röhrchen durch den Brennraum geblasen wurde
ıt entzündet, jedoch erfolgte dieses sogleich, wenn er auf
n Holzspahn geleitet wurde. Fäden aus Schellack, die mit
ı Mikrometer eines Plöfsl'schen Mikroskops gemessen 0,0035
0,012 Lin. Durchmesser zeigten, wurden im Brennpuncte
ıt einmal so erweicht, dafs sie sich durch ihr eigenes Ge-
ht bogen, dieses geschah aber, wenn sie 0,017 Lin. dick
en; bei 0,059 Lin. Dicke rollten sie zu kleinen Kügelchen
und bei 0,3135 Lin. Dicke fingen diese Knöpfchen sogleich
zu rauchen. Der Durchmesser eines im Brennpuncte nicht
störten Spinnenfadens, von einer grofsen Winkelspinne zum
ten ihres Netzes gesponnen, dessen Zusammensetzung aus 5
7 einzelnen Fädchen bei 255facher Vergröfserung sich
tlich erkennen liefs, betrug nur 0,0043 Lin., bei ei-
n Menschenhaare, welches zerstört wurde, 0,0215 Lin.

Digitized by Google

und bei einem Wollaston'schen versilberten Platindrahte 0,01 Lin.

86) Gegen die aus diesen Versuchen entnommene Folgerung, dafs die Lichtstrahlen weder in Wärme verwandelt werden, noch eigene Wärmestrahlen mit sich führen, vielmehr Wärme in den Körpern blofs erregen, hat sich ein ebe gelehrter als scharfsinniger Physiker, Prechtl[1], erklärt, i dem er die ausbleibende Erhitzung solcher feiner Fädchen v mehr aus einer Abkühlung durch aufsteigende Luftströme ableitet. Um von bestimmten Gröfsen auszugehn, nimmt die Temperatur des Spinnenfadens zu 20° R. an, und dersel soll dann durch die Lichtstrahlen eine Wärme von 30° R. halten, die nicht höher steigt, weil die mit 12,5 Fufs G schwindigkeit zuströmende Luft von 20° R. ihm nach d Verhältnisse seiner Masse und Oberfläche stets so viele Wär entzieht, dafs seine Temperatur nie über 30° R. hinausge Inzwischen habe ich dieser, wenn gleich auf den Calcül g gründeten, Erklärung nach meiner Ansicht unwiderlegliche A gumente entgegengesetzt[2]. Zuerst streitet eine Luftströmu von 12,5 Fufs Geschwindigkeit gegen alle Wahrscheinlichke ist bei weitem gröfser als diejenige, womit der Rauch von i Focus brennenden Körpern aufsteigt, und mufs in dem enge Raume eines allseitig abgeschlossenen Refractors als ganz u möglich erscheinen. Eine solche Geschwindigkeit kann al zweitens gar nicht hervorgebracht werden. Es wird nämli angenommen, dafs ohne Ableitung der Wärme eine Hitze v 600° R. = T entstehn würde, folglich um die Temperatu erhöhung innerhalb der Grenze von 10° = t zu erhalt $\frac{T}{t} = 60$ Luftwechsel in einer gegebenen Zeit erforderlich sey woraus dann folgt, dafs 12,5 Fufs Geschwindigkeit der L diesen zur genügenden Abkühlung erforderlichen steten Wec sel geben, wenn man die Zeitdauer, während welcher die L mit dem Spinnenfaden in Berührung bleibt, auf 0,1 Sec. se Es ergiebt sich nämlich die in dem genannten Zeitraume st findende Höhe des Aufsteigens der Luft $= 2y\frac{T}{t}$, worin y

1 Baumgartner's Zeitschrift. Th. II. S. 154.
2 Ebendaselbst. Th. III. S. 49.

Digitized by Google

lbmesser des Brennraumes = 0,125 Zoll bezeichnet, also für
Sec. = 0,25 × 60 Zoll und für 1 Sec. = 12,5 Fufs.
ein diese Geschwindigkeit kann unmöglich eine Folge der-
igen Temperatur seyn, welche der Spinnenfaden ohne die-
Luftstrom erhalten würde, also der angenommenen 600°,
n wäre diese im Spinnenfaden oder der ihn umgebenden
ft im Brennraume wirklich vorhanden, so würde der Spin-
faden augenblicklich ebenso zerstört werden, als in der weit
ider heifsen Luft über der Flamme einer Weingeistlampe.
Geschwindigkeit der Luftströmung kann nur durch die
dliche Temperaturerhöhung der Luft im Focus bedingt wer-
und beträgt also $0{,}5 \times 0{,}00375\ (t - t')\ 2\sqrt{h}$ für Cen-
malgrade[1], oder $0{,}01452375\ (t - t')\ \sqrt{h}$ nach der acht-
heiligen Scale. Behalten wir die angenommenen Gröfsen bei,
ist in Centesimalgraden $t - t' = 12°{,}5$; $h = 2y = 0{,}25$ Zoll
0,02083 Fufs, und es beträgt daher die hierdurch erzeugte
chwindigkeit nur 0,0262 Fufs, eine verschwindende Gröfse,
edoch im Innern eines Fernrohrs wohl kaum erreicht wird.
es Resultat stimmt drittens genau mit einer andern beach-
werthen Thatsache überein. Erzeugt man nämlich mittelst
gröfsern Brennlinse einen Focus in einem Zimmer, so
egen sich in dem Lichtkegel die Sonnenstäubchen nach
Seiten sowohl aufwärts als auch abwärts, je nachdem die
illig vorhandene Luftströmung dieses bewirkt. Wenn aber
Lichtstrahlen die Luft und diese Sonnenstäubchen beträcht-
und bis zur Glühhitze erwärmten, so müfste man ein Auf-
en der ersteren und ein Zerstörtwerden der letztern be-
en, was jedoch nicht im Mindesten wahrnehmbar ist.
ich aber giebt die Erfahrung einen directen Beweis gegen
ulässigkeit der vorliegenden Erklärung, da die Erschei-
im luftverdünnten Raume auf gleiche Weise statt findet.
ieses darzuthun, spannte ich durch Ankleben mit etwas
s zwei sich kreuzende Spinnenfäden im obern Theile
kleinen Campane aus dünnem, sehr hellem Glase, von
Höhe und 2 Z. unterm Durchmesser, aus, exantlirte die
ane bis zur 400fachen Verdünnung und brachte die Spin-
den in den Focus der genannten Linse, allein sie wur-
nicht zerstört, obgleich ein Holzspahn, sowohl vor als auch

[1] S. Art. *Heizung, Luftheizung.* Bd. V. S. 208.

hinter der Campane in den Lichtkegel gehalten, sich
dete. Hiernach findet also eine Abkühlung durch
nicht statt, und es kann im Focus der Sonnenstrahl
nige Glühhitze nicht vorhanden seyn, wie in de
Luft über einer Weingeistlampe, oder wie sie in d
Körper vorhanden ist, welcher im Focus zum Glühen
wird.

87) Melloni[1], dessen Urtheil wegen seiner be
Leistungen im Gebiete der Wärmelehre vorzügliche
verdient, verwirft gleichfalls die Erklärung, welch
Dünne des Spinnenfadens hergenommen ist. Zuer
er die Behauptung für falsch, dafs dünne Körper in
mestrahlen weniger erhitzt werden, als dicke, da viel
seinen Versuchen die Erhitzung, wenn man sie nac
der hintern Fläche abgegebenen, nicht durchgestrahlte
mifst, bei dünnen Körpern stärker, als bei dickern
seiner Ansicht ist in Folge vieler Analogieen die Su
Spinnenfaden sehr durchganglich für die strahlende W
überdiefs geht im Allgemeinen die Sonnenwärme lei
jede andere, durch diathermane Körper. Beide Ur
sammen scheinen ihm hinreichend, um die Unverbr
der Spinnenfäden in den concentrirten Strahlen der
erklären. Wir müssen hierbei den allgemeinen Satz
kern Erwärmung kleinerer Massen ganz aus dem Sp
der sich nur auf dünne Platten bezieht, in denen
Wärme weniger ausbreiten kann, als in dickern. W
diesen Satz als allgemein gültig betrachten, so wü
Thatsache selbst aufheben, die einmal constatirt ist
hiervon abgesehn ist die Erklärung unzulänglich und
würde sie nicht aufgestellt haben, wenn er die Ersch
Ganzen berücksichtigt hätte. Das Phänomen findet
bei Spinnenfaden, sondern auch bei feinen Fäden
milack und selbst bei sehr feinen Metalldrähten sta
wir doch unmöglich insgesammt eine vorzügliche Di
beilegen können, da sie ohnehin bei dunkeln Fäden v
lack und schwarzen Haaren gering ist, bei Metalldr
gänzlich wegfällt.

88) Zu dem bereits Erwähnten kann ich noch ei

1 Poggendorff's Ann. XXXIII. 26.

Digitized by Google

estellten interessanten Versuch hinzufügen. An einem hel- Wintertage, wo die erhitzende Kraft der Sonnenstrahlen gens stets schwächer von mir gefunden wurde, als im Som- , erzeugte ich in einem Ringe aus Messingdraht von etwa Z. Durchmesser eine sehr dünne und klare Eisscheibe, d hielt diese in etwa 0,75 Z. Abstand vor einen im Focus genannten Linse befindlichen Holzspahn, so dafs der Licht- el vorher durch das Eisblättchen dringen mufste, ehe er den hn erreichte. Hierbei glückte es mir einigemal bei einer ern Temperatur von nicht mehr als — 3° C., dafs sich Spahn früher entzündete, als das Eisscheibchen geschmol- war. Dieses und andere ähnliche Phänomene erklären sich gens leicht aus der grofsen *Diathermanie* des Eises, wel- e die Wärmestrahlen, hauptsächlich die sogenannten leuch- den, zu sehr durchläfst, als dafs es dadurch erhitzt werden nte.

89) Da es sich hier vorzugsweise um die Erzeugung der rme auf unserer Erde durch die Sonnenstrahlen handelt, so ien die interessanten Versuche von Marcet über das Ver- tnifs des täglichen Wechsels der Temperatur in einiger Er- ung und nahe über der Erdoberfläche nicht übergangen wer- , die eine Ergänzung zu demjenigen liefern, was in dieser ziehung früher durch Pictet und Six geschehn und bereits einem andern Orte[1] erwähnt worden ist. Marcet[2] bediente h zur Erforschung dieses täglichen Wechsels eines Mast- mes von 114 Fufs Höhe, welcher auf einer grofsen Wiese, n von Gebäuden, aufgepflanzt war. An diesem befanden h in Abständen von 10 zu 10 Fufs horizontale Latten, jede einer Rolle an ihrem Ende, die zum Hinaufziehn und Her- ssen der Thermometer dienten, deren Kugeln mit schlecht enden Substanzen umgeben waren, um eine Ableitung ihrer rme während des Herablassens zu verhüten. Bei jeder Be- chtung wurden zugleich der Zustand des Himmels und vorzüglich Angaben des Aethrioskops und des Hygrometers aufgezeichnet. e Beobachtungen fallen in das Jahr 1837 und in die ersten Mo-

1 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 845.

2 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. T. VIII. Auszuge in Bibl. univ. Nouv. Sér. T. XV. p. 398. Edinb. New hil. Journ. N. S. p. 353.

Digitized by Google

nate des Jahrs 1838, und geben folgende allgemeine R
Zuerst findet nach Sonnenuntergang eine mit der Höhe
mende Vermehrung der Wärme statt, die Beschaffen
Himmels sey, welche sie wolle, ausgenommen bei
Zweitens tritt das Maximum dieser Zunahme unmittel
Sonnenuntergang ein; von diesem Augenblicke an b
Wärme der obern Schichten constant oder geht selbst
Temperatur der untern Luftschichten herab, namentli
sehr reichlicher Thau fällt. Drittens ist die Grenze,
hin die höhere Temperatur sich erstreckt, in der Re
höher als 100 Fufs, selbst bei vollkommen heiterem
denn bei bedecktem und hauptsächlich im Winter er
diese Höhe nicht. Die mit der Höhe zur Zeit des So
terganges zunehmende Wärme variirt sehr sowohl rüc
der Gröfse des Unterschiedes, als auch der Höhe, bis
cher sie reicht, nach den Jahreszeiten, und zeigt sich
fallendsten im Winter und wenn der Boden mit Sc
deckt ist. Das Maximum des Unterschiedes zeigte
20sten Januar und betrug 8° C. in einem Abstande
Fufs, indem das untere Thermometer in 2 Fufs Höhe
und das obere in 52 Fufs Höhe vom Boden — 8°,2
das Mittel aus zwölf Winterbeobachtungen betrug fü
Höhenunterschied 5°,5 und selbst bei zwei Thermom
2 Fufs und 5 Fufs Höhe, betrug der Unterschied im M
9 Beobachtungen, als der Boden mit Schnee bede
2°,4 C., am 4ten Januar sogar im Maximum 4° C
Marcet die Ursache dieser Erscheinungen in die S
setzt und dem Schnee ein vorzügliches Strahlungsvermö
legt, weswegen die Wirkungen im Winter hervorst
sind, begreift sich sehr leicht, wenn man berücksicht
diese Ansicht die allgemein herrschende ist; nichtsde
ger lassen sich auch hiergegen diejenigen Einwendun
tend machen, die oben aufgestellt worden sind. Wir w
dieses Problem wieder zurückkommen, wenn später
Hypothesen zur consequenten Erklärung aller Wärmeph
die Rede ist.

90) Wir müssen zum Schlusse hier noch die
Resultate kurz mittheilen, welche Pouillet[1] dur

1 Mémoire sur la chaleur solaire, sur les pouvoirs r

esten Versuche erhalten hat, indem sie bei ihrem Umfange
d der ihnen gewidmeten grofsen Aufmerksamkeit die bedeu-
dste Aufklärung über die vorliegenden Probleme geben.
erbei diente hauptsächlich ein eigens für diesen Zweck con-
ruirtes Instrument[1], *Pyrheliometer* genannt, welches entweder
s ein einfaches oder mit einer Linse versehn gebraucht wurde
yrhéliomètre direct et à lentille). Dasselbe besteht aus dem Fig.
llen Cylinder *v v* aus Silberblech, von 1 Decim. Durchmes- 40.
r und etwa 14 bis 15 Millim. Höhe, welcher ungefähr 100
mme Wasser enthält. In die Mitte desselben reicht die Kugel
vermittelst eines Korkes eingesteckten feinen Thermometers,
sen Röhre nebst Scale sich in einer metallenen Röhre be-
det. Letztere wird durch die beiden Ringe c, c′ so gehalten,
fs sie sich vermittelst des Knopfes b stets um ihre Axe
hn läfst, damit das Wasser im Gefäfse *v v* in Folge der Be-
gung beständig in gleichmäfsiger Temperatur seiner ganzen
sse erhalten werde. Die dünne Scheibe d, dem Cylinder *v*
allel aufgesteckt, dient zur Orientirung des Apparates, wel-
r sich, auf einem geeigneten Stative befestigt, nach allen
htungen drehn läfst. Die Oberfläche des Cylinders *v v* ist
gfältig mit Lampenrufs geschwärzt.

Will man Beobachtungen anstellen, so sorgt man dafür,
fs das Wasser möglichst genau die Temperatur der Umge-
ng habe, und stellt den Apparat im Schatten an dem Orte
, wo man zu beobachten beabsichtigt. Daselbst zeichnet
n während 4 Minuten von Minute zu Minute den Stand

---

bsorbants de l'air atmosphérique, et sur la température de l'espa-
Par. 1838. Ueb. in Poggendorff's Ann. XLV. 25 u. 481.

1 Pouillet sagt, dafs er sich zugleich auch des in seinen Élé-
s de Physique et de Météorologie, beide erste Ausgaben, beschrie-
en Instruments bedient habe. Es kann dieses kein anderes seyn
dasjenige, welches Th. II. S. 702 d. 1sten A. beschrieben und
. 356 gezeichnet ist. In einem doppelten Cylinder von 2 F.
ge und 4 Z. Weite, dessen Zwischenraum mit Eis angefüllt war,
nd sich an dem einen, der Sonne zugewandten, Ende ein Rohr mit
m flachen Glase; hinter diesem eine Blendung, durch welche das
l der Sonne so, dafs die Seiten des Lichtkegels einen Winkel von
bildeten, auf eine feine geschwärzte Thermometerkugel fiel. Der
ere Raum wurde luftleer gemacht, und die Grade des Thermome-
s gaben die erwärmende Kraft der Sonne.

Digitized by Google

des Thermometers auf; in der 5ten Minute stellt man
strument hinter einen Schirm so, dafs man am End
Minute den Schirm wegnehmen kann, damit die S
strahlen direct auf die geschwärzte Scheibe fallen.
durch stetes Umdrehen der Röhre das Wasser in ste
wegung gehalten wird, zeichnet man während 5 Minu
Minute zu Minute den Stand des Thermometers auf,
dann den Apparat wieder in seine frühere Stellung u
obachtet auf gleiche Weise in den nächsten 5 Minut
Erkaltung. Heifst dann R die Erwärmung, welche
strument während der 5 Minuten in den Sonnenstral
genommen hat, r und r′ die Erkaltungen vorher un
her, so ist die durch die Sonnenstrahlen erhaltene T
turerhöhung t

$$t = R + \frac{r + r'}{2}.$$

Heifst ferner d der Durchmesser des Cylinders *vv* in
metern, p das Gewicht des Wassers in Grammen, p′
wicht des Gefäfses und des in ihm befindlichen Theiles d
mometers, nach seiner specifischen Wärmecapacität auf
reducirt, so entspricht die beobachtete Temperaturerh
einer Wärmemenge $= t(p + p')$, und da diese wä
Minuten auf eine Fläche $= \frac{1}{4}\pi d^2$ fiel, so wurde i
Zeit für jede Flächeneinheit

$$\frac{4(p+p')}{\pi d^2} t, \text{ also in 1 Minute } \frac{4(p+p')}{5\pi d^2} t$$

erzeugt. Für das gebrauchte Instrument betrug die in
auf einem Quadratcentimeter erhaltene Wärmemenge 0,

Das *Linsen-Pyrheliometer* hatte bei ähnlicher
tung eine Linse von 24 bis 25 Centim. Durchmesser
bis 70 Centim. Brennweite; ihr Brennpunct fiel auf ei
linder mit ungefähr 600 Gramm Wasser. Die dadurc
tene Wärme wird durch eine ähnliche Formel berech
doch kommt eine Correction für die Verschluckung d
Glas hinzu, die durch Vergleichung mit dem gewö
Pyrheliometer erhalten wird. Man mufs den letztern
bei stärkerem Winde anwenden, geringe Luftbewegun
ben auf die nur etwa 4 bis 5 Grad über die Umgeb
wärmte Wassermasse keinen Einfluss.

Digitized by Google

91) Die aus mehreren, in einigen auf einander folgenden
hren angestellten Beobachtungen erhaltenen Resultate wurden
rch Berechnung auf eine gemeinschaftliche Gröfse gebracht.
ierzu war zuerst erforderlich, die Dicke der Atmosphäre $= \varepsilon$
u bestimmen, die durch folgende Formel gefunden wird:

$$\varepsilon = \sqrt{2rh + h^2 + r^2 \cos. z} - r \cos. z,$$

orin r den mittleren Erdhalbmesser $= 80$, h die Höhe der
tmosphäre $= 1$ und z die Zenithdistanz der Sonne bezeich-
n, welche letztere statt directer Messung sich leichter aus der
unde, in welche die Mitte des Versuchs fällt, berechnen läfst,
nn man

$$\cos. z = \sin. \nu \sin. d + \cos. \nu \cos. d \cos. H$$

tzt, worin ν die Breite des Beobachtungsortes, d die Decli-
ation der Sonne um Mittag und H den Stundenwinkel zur
eit des Versuchs bezeichnen. Eine Vergleichung der Tem-
raturzunahmen mit den Dicken der Atmosphäre ergab, dafs
e Resultate sich füglich durch die Formel

$$t = A p^{\varepsilon}$$

rstellen liefsen, worin A und p zwei Constanten sind. Wur-
n diese durch zwei Beobachtungen aus jeder Reihe bestimmt,
o gaben alle Reihen immer sehr nahe wieder denselben Werth
on A, aber verschiedene Werthe von p, wonach also A eine
eständige, vom Zustande der Atmosphäre unabhängige, p aber
ne nach der ungleichen Heiterkeit verschiedene Constante ist.
ach den Versuchen ist $A = 6°,72$, p aber variirt zwischen
7244 im Juni und 0,7488 im Wintersolstitium. Die hier-
ch berechneten Werthe stimmten mit den beobachteten genau
berein, selbst als z. B. am 4. Mai die durchlaufene Dicke der
tmosphäre um Mittag 24 Lieues und Abends um 6 Uhr 86
trug, wobei sich jedoch von selbst versteht, dafs nur bei
rtdauernder gleicher Heiterkeit des Himmels für einen ganzen
ag der nämliche Werth von p in Anwendung kommen kann.
etzt man in der letzten Formel $p = 1$ und $\varepsilon = 0$, so erhält
an $t = 6°,72$ oder diejenige Wärme, welche erhalten würde,
enn die Atmosphäre die gesammte Wärmemenge durchliefse
der das Pyrheliometer sich an der Grenze der Atmosphäre
efände. Diese Gröfse mit der oben gefundenen Zahl 0,2624
multiplicirt giebt $t = 1,7633$ als diejenige Wärmemenge, wel-
che die Sonne in 1 Minute auf eine Fläche von 1 Quadrat-

Digitized by Google

centimeter an der Grenze der Atmosphäre, oder wenn ke
Wärme durch die Luft verschluckt wird, absetzen müf
Aus den Beobachtungen folgt, dafs die Atmosphäre, auch
senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen, mindestens 0,21
höchstens 0,27 der auffallenden Wärme verschluckt, doch
bei der letzteren Gröfse eine sehr leichte Trübung bemerk
und einmal bei ausgezeichneter Heiterkeit wurde nur 0,18
Minimum gefunden. Wendet man dieses auf die ganze
leuchtete Erdoberfläche an, so gelangt man zu dem Resul
dafs der die Erde erreichende Antheil zwischen 0,5 und
der absorbirte aber zwischen 0,5 und 0,4 liegt, aber sehr n
an 0,4 grenzt. Berechnet man hiernach die Gesammtme
der Wärme, welche überhaupt auf die Erde fällt und th
von der Atmosphäre, theils von der Erde aufgenommen w
so ist für den Halbmesser R der Erde der Beleuchtungsk
$= \pi R^2$, mithin die erhaltene Wärmemenge

$$1^{\circ},7633\ \pi R^2.$$

Würde diese Wärmemenge auf alle Puncte der Erde gle
mäfsig vertheilt, so empfinge jedes Quadratcentimeter

$$\frac{1^{\circ},7633\ \pi R^2}{4\pi R^2} = 0^{\circ},4408$$

in jeder Minute, also im ganzen Jahre 231675 Einheiten, w
diese Wärme wäre im Stande, eine Eisschicht von 30,89 M
ter zu schmelzen.

92) Es scheint mir überflüssig, die Betrachtungen mit
theilen, welche Pouillet für den Fall anstellt, wenn die So
als glühender Körper diese Wärme aus sich ausstrahlte,
eine solche Ausstrahlung, als wirkliche Abgabe der Wärme,
angegebenen Gründen nicht wohl vorstellbar ist, auch geht
Nichtigkeit aus den gefundenen Resultaten von selbst her
Wird nämlich die specifische Wärmecapacität der Sonne
das 133fache des Wassers gesetzt, eine an sich nach uns
Kenntnifs irdischer Körper übermafsige Gröfse, so würde
Sonne in 10000 Jahren um 100° C. erkalten, also in 5000 J
ren um 50°, und da die obige Annahme mindestens um
Hundertfache zu grofs ist, so müfste die Sonne während di
geschichtlichen Periode um 5000° erkaltet seyn, so dafs
ihre urspriingliche Temperatur, die Pouillet auf 1461°
1761° berechnet[1], nicht blofs verloren haben, sondern sc

1 Vergl. Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 405.

Digitized by Google

tief unter den absoluten Nullpunct herabgesunken seyn
ste. Ebenso übergehe ich die Betrachtungen, welche Pouil-
r über die Erkaltung der mit diathermanen Hüllen umgebe-
n Körper anstellt, wobei er inzwischen den Satz ausspricht,
s nie ein Wärmestrahl in einen Lichtstrahl oder ein eigent-
her Lichtstrahl in einen Wärmestrahl verwandelt sey, wes-
gen also seiner Ansicht nach beide als verschieden, aber
noch vereint, von der Sonne ausgesandt werden, eine mit
r Undulationstheorie vom Lichte doch wohl ohne Widerrede
vereinbare Hypothese. Diese Untersuchungen hängen aber
t einer andern, in den neuesten Zeiten viel ventilirten, Frage
er die Wärme des Himmelsraumes zusammen. Fourier
urde nämlich durch seinen gelehrten Calcül zu dem Resul-
te geführt, dafs die Temperatur des Weltraumes sehr wenig
nter der Temperatur der Erdpole liege und etwa — 50 bis —
0° C. betrage, indem die gesammte Wärme, welche von
mmtlichen Himmelskörpern, mit Ausnahme der Sonne, zur
rde gelangt, an Menge derjenigen gleich seyn soll, welche
ne Hülle mit Maximum des Emissionsvermögens und von
ner allseitigen, jener gleichen, Temperatur auf die Erde sen-
en würde. Sobald dieser Satz aufgestellt war, fand Swan-
berg[1] aus der Strahlenbrechung, dafs die Wärme des Planeten-
raumes — 50°,35 C. betrage. Auch Poisson nimmt die
Wärme des Himmelsraumes zu etwa — 52° C. an, und als
Arago[2] aus den Beobachtungen des Capitain Back, welcher
n der Nordküste America's wohl nicht die gröfstmögliche
Kälte, aber doch die unglaubliche von — 56°,7 C. mafs, fol-
erte, dafs die Temperatur des Himmelsraumes nothwendig nie-
riger als — 57° seyn müsse, weil nach allen Beobachtungen
ie Kälte mit der Erhebung über die Meeresfläche zunimmt,
wollte Poisson diese Folgerung nicht zugestehen, sondern be-
hauptete, die Temperatur des Himmelsraumes müsse nothwen-
dig niedriger seyn, als die der oberen Atmosphäre, die sonach
im vorliegenden Falle eine gröfsere Wärme, als die untere ge-
habt hätte. Nach Pouillet leitet er dieses Resultat theils aus
der von ihm gefundenen Bestimmung der Wärme des Planeten-

1 Berzelius Jahresbericht 1830. S. 54.
2 Compt. rend. 1836. N. 24. p. 575. Poggendorff's Ann. XXXVIII.
25. Vergl. *Temperatur*. Bd. IX. S. 491.

raumes her, theils aus den mechanischen Bedingun
Gleichgewichts, nach denen die Luft an ihrer Gren
solchen Kältegrad besitzen mufs, dafs sie ihre Elasticit
lich verliert[1]. Auch Pouillet unterwirft die Gleichg
bedingungen diathermaner Hüllen einer näheren Unter
die er dann auf die Wärmeabsorption der Luft und d
peratur des Weltraumes anwendet. Nach ihm sind
sorptionskräfte einer gegebenen elastischen Flüssigkeit,
thermane Substanzen betrachtet, ihrer Masse und Wä
cität proportional. Nach diesem nämlichen Princip l
die gesammte Menge der strahlenden Wärme auffinden
in einer gegebenen Zeit von der Flächeneinheit irge
atmosphärischen Schicht ausgesandt wird; sie hängt
der eigenen Temperatur t dieser Schicht, von der Wä
cität c, der Masse m derselben und von der Constan

1 Nach einer einfachen Theorie folgt naturgemäfs,
Grenze der Atmosphäre mit dem absoluten Nullpuncte zusa
len mufs; denn so lange noch Wärme vorhanden ist, wird
die Molecüle der Luft abstofsend wirken, und dieses ist auc
lich Poisson's Ansicht. An der Grenze der Atmosphäre mufs
absolute Nullpunct der Wärme statt finden, weil die Wär
Anziehung der Erde festgehalten wird, in Gemäfsheit ihrer
kraft mit der Entfernung vom Erdkerne, wo sie ihr Maxim
würde, abnimmt, und endlich da ihre Grenze erreicht, wo
rie, die sie festzuhalten vermöchte, aufhört vorhanden zu sey
uns also der absolute Nullpunct der Wärme und das Gesetz
meabnahme bei zunehmender Höhe bekannt, so könnten wir
der Atmosphäre genau bestimmen. Dem bekannten Verh
Wärme zuwider scheint mir aber die Hypothese zu seyn, wo
der grofsen Repulsivkraft, dem Strahlungsvermögen, der Wär
ungeachtet sie stets von der Sonne und den Himmelskörpern
gelangen soll, dennoch zwischen den etwas erwärmten Plan
und die weit wärmere Atmosphäre ein absolut kalter Kugelkrei
wird, der die Grenze der Atmosphäre bildet.

2 Diese Constante ist aus den Versuchen von Dulong u
über das Erkalten der Körper im leeren Raume entnommen.
ist die absolute Wärmemenge e, welche in einer gegebenen
einer gegebenen Fläche eines Körpers strahlt, dessen Temperat
$t + \Theta$ und Strahlungsvermögen durch f bezeichnet wird, $e = B \cdot f$.
Nimmt man die Zeit = 1 Min. und die Fläche = 1 Quadrat
ter, so ist B = 1,146. Vergl. §. 244, wo diese Gröfse jedoch
angegeben wird. Pouillet findet diese Gröfse aus der a. a.
gegebenen Formel, wonach $m.a^{\Theta} = 2{,}037$ ist. Letzterer W
seinen Formeln substituirt, giebt B = 1,146, wenig abweichend vo

Digitized by Google

16, wozu noch die unbekannte Gröfse k kommt, welche der Natur der elastischen Flüssigkeit abhängt. Die Wärmenge ist dann für die gegebenen Gröfsen

$$Bkmca^t$$

d für eine andere Capacität = c′ und eine Temperatur = t′

$$Bkmc'a^{t'}.$$

nken wir uns demnach einen Ort unter dem Aequator, wo gere Zeit vollkommene Heiterkeit geherrscht hat, so mufs wohl die mittlere Temperatur des Bodens, als auch die einer en darüber befindlichen ungleich hohen Luftschicht constant n, indem die erhaltene Wärme stets wieder abgegeben wird. e von einer unteren Schicht erhaltene Temperatur hängt ab n ihrem eigenthümlichen Absorptionsvermögen und von der Wärme, die ihr sowohl von der Erde, als auch von der Sonne nd aus dem Weltraume zuströmt. Eben dieses ist der Fall i einer höheren Schicht, jedoch wird erstere mehr Wärme n der Erde, letztere mehr von der Sonne und dem Weltume erhalten, weil beim Durchdringen der Luft allezeit eine wisse Menge verloren geht. Es läfst sich daher die Menge r von willkürlich höher oder tiefer liegenden Luftschichten fgenommenen Wärme annähernd berechnen, und man kann e füglich der Einheit gleich setzen, wenn man nicht solche chichten nimmt, die der Grenze der Atmosphäre sehr nahe egen; denn zwei Luftschichten, eine sehr nahe und eine sehr ntfernt von der Erdoberfläche sich befindend, absorbiren an dem Tage eine gleiche Menge Wärme, aber da sie beide Al-, was sie empfangen haben, wieder verlieren, so ist klar, fs sie in der nämlichen Zeit gleiche Wärmemengen verlieren. ernach hat man

$$Bkmca^t = Bkmc'a^{t'},$$

oraus folgt

$$t - t' = \frac{1}{\text{Log. } a} . \text{Log. } \frac{c'}{c}.$$

ieses Gesetz, welches einfach das Gesetz der Wärmeabnahme der Luft unter den Tropen ausdrückt und bis zur Grenze er Atmosphäre gültig zu seyn scheint, mufs durch das Expeiment bestätigt werden.

93) Man weifs aus den Untersuchungen von Laplace und Poisson, dafs die Wärmecapacitäten elastischer Flüssig-

Digitized by Google

keiten in einem gewissen Verhältnifs stehen, welches durch Formel

$$\frac{c'}{c} = \left(\frac{p}{p'}\right)^{1-\frac{1}{k}}$$

ausgedrückt wird, die für trockne Luft

$$\frac{c'}{c} = \left(\frac{p}{p'}\right)^{\frac{2}{7}}$$

giebt, wie die genauen Versuche von Gay-Lussac und W ter beweisen, die sich auf Drucke von 144 Millim. bis Millim. und auf Temperaturen von 40° bis — 20° C. strecken, so dafs hiermit schon die Wärmecapacitäten bis der gesammten Luftschichten sich berechnen lassen, obg es wünschenswerth wäre, jene Versuche noch bis auf Tem raturen von — 60° oder — 80° C. auszudehnen. Nimmt aber vorläufig an, dafs diese Formel von Poisson bis zu des atmosphärischen Druckes gültig sey, so ergiebt sich, die Temperatur einer Luftschicht von diesem Drucke 163 unter der mittleren Temperatur der die Erde berühre Schicht liege, und da letztere 27° C. beträgt, so mufs = — 136° C. seyn. Berechnet man die Temperaturen 100 Schichten, deren jede um 0,01 des atmosphärischen Dru weniger zusammengedrückt ist, so erhält man annähern mittlere Temperatur der Luftsäule = — 8° C., welche jenige ist, vermöge welcher die ganze Luftsäule strahle Wärme aussendet. Nach dieser Formel würde die Abnah der Wärme 1° C. für eine Erhebung von 225 Meter betra statt dafs v. Humboldt 200 Meter fand, was nicht sehr einander abweicht[1].

94) Ein am Erdboden der nächtlichen Strahlung aus setztes Thermometer empfängt Wärme aus dem Weltra und aus der Atmosphäre; von der ersteren gelangen jed nur 0,3 bis 0,4 zum Thermometer, wenn sich dieses nicht sehr hohen Bergen befindet; die letztere ist das Ergebnifs Strahlung der einzelnen concentrischen Schichten vom Meer spiegel bis zur Grenze der Atmosphäre und demnach abhän von der Wärmevertheilung in der ganzen Höhe der atmosp

1 Ueber diese stets sehr unsichere Bestimmung vergl. E Bd. III. S. 1008. *Höhenmessung.* Bd. V. S. 311. *Temperatur.* Bd. S. 349.

Digitized by Google

ien Säule. Wie auch das Verhältnifs der Intensität die-
beiden Quellen seyn mag, so kann man sich beide in einer
le vereint denken, die, mit einem Maximum des Emissions-
nögens versehen, genau so viele Wärme dem Thermometer
enden müfste, als beide genannte Quellen, der Weltraum
l die Atmosphäre. Eine solche imaginäre Hülle nennt Pouil-
' *Zenithalhülle* und ihre Temperatur *Zenithaltemperatur;*
ist für jeden besonderen Ort und für jede Zeit veränderlich,
l sie von einer stets gleichmäfsig wirkenden Ursache, der
iperatur des Weltraumes, und einer veränderlichen, der
iperatur der Luftschichten, abhängt. Dieses vorausgesetzt
z die Zenithaltemperatur und wie oben t' die Temperatur
Weltraumes, t'' die mittlere der atmosphärischen Säule, b und
las von der Atmosphäre auf die Wärme der Erde und die
irme des Himmelsraumes ausgeübte Absorptionsvermögen;
a bedenke ferner,

α) dafs die Zenithalhülle in der Zeiteinheit von der Flä-
einheit eine Wärmemenge $= Ba^z$ aussendet, worin B die
gebene Constante 1,146 bezeichnet, das Strahlungsvermö-
aber $= 1$ angenommen wird,

β) dafs die Atmosphäre eine Wärmemenge $= Bba^{t''}$ aus-
det, weil ihr Emissionsvermögen ihrem durch b bezeichneten
sorptionsvermögen gleich ist,

γ) dafs der Weltraum eine Wärmemenge $= Ba^{t'}$ aus-
det, wovon jedoch nur der Antheil $(1 - b')$ die Atmosphäre
chdringt und zum Thermometer gelangt, wonach also das
issionsvermögen des Weltraums in Beziehung auf das Ther-
meter $= (1 - b')$ gesetzt und die vom Weltraume ausge-
dete Wärme durch $(1 - b')\, Ba^{t'}$ ausgedrückt werden kann.
rnach erhält man also

$$Ba^z = Bba^{t''} + (1 - b')\, Ba^{t'}$$

r

$$a^z = ba^{t''} + (1 - b')\, a^{t'},$$

durch die allgemeine Relation gegeben wird, welche die Ze-
haltemperatur stets verknüpft mit der Temperatur des Welt-
mes, mit der mittleren veränderlichen der Luftsäule und
beiden ungleichen Absorptionskräften der Atmosphäre.

95) Um die Zenithaltemperatur in jedem Augenblicke der
cht ebenso, wie die Lufttemperatur zu beobachten, wendet

Digitized by Google

Pouillet theils Spiegel, theils ein von ihm erfundenes
nometer an, welches von dem durch Herschel angeg
wesentlich abweicht und eigentlich *Aethrioskop* genann
den müfste, sofern seine Bestimmung ist, die nächtliche St
zu messen, aber auch den ihm gegebenen Namen
verdient, als man die Strahlung des Planetenraumes, so
der Sonne, damit messen kann. Die Spiegel vereinigen
seinen Erfahrungen die Strahlen nicht im Brennpuncte,
daher durch hohle Kegel oder blofse Reflectoren ersetzt
den, die weit bequemer sind; inzwischen hält Pouille
Versuche überhaupt für delicat und die Formeln für verv
weil sie die wirkliche Temperatur der Luft und das Ver
der Erkaltung, die aus ihrem Contacte entspringt, zu
welches aus der Strahlung hervorgeht, enthalten, wob
einige Ungewifsheit unmöglich vermeiden läfst. Das *A*
Fig. *meter* besteht aus 4 Ringen von 2 Decimeter im Durch
41. mit Schwanenflaum so ausgefüllt, dafs sie nicht zusamm
drückt werden, indem die Haut des Schwans den Boden
Dieses System steht in einem ersten Cylinder c von Silbe
welcher gleichfalls mit Schwanenhaut umhüllt und von
zweiten weiteren Cylinder c' eingeschlossen ist. Auf de
der oberen Flaumen ruhet die Kugel eines empfindlichen
mometers, der Rand aber steht so weit über, dafs nur
Drittheile der hohlen Himmelshalbkugel übersehn werde
ist in der Ebene der Flaumen mit Löchern versehn, dam
kalte Luft abfliefse. Richtet man diesen Apparat, dessen
tere Construction aus der Figur ersichtlich ist, währen
Nacht gegen den heiteren Himmel, und beobachtet ma
Stunde zu Stunde sein Thermometer und ein anderes, 4
über dem Boden frei in der Luft hängendes, so giebt de
terschied beider ein Mittel, die Zenithaltemperatur zu
wozu aber eine eigene Graduirung gehört. Hätte nämlic
Aktinometer eine unbegrenzte Oberfläche und befände es
im Vacuum unter einer hemisphärischen Hülle von cons
Temperatur, so würde es die Temperatur derselben anne
da es aber nur zwei Drittheile der Himmelshemisphäre
sieht, und sich in einer Luftumgebung befindet, die es erw
so wird seine Temperatur stets die der Hülle übertreffen.
Graduation bezweckt daher, aus seiner Temperatur und d
umgebenden Luft die der Hülle zu entnehmen, mit welch

Digitized by Google

ende Wärme austauscht. Um das einfache Verhältnifs
Gröfsen aufzufinden, verfertigte Pouillet einen künstli-
Himmel aus einem Gefäfse von 1 Met. Durchmesser, wel-
in 2 Met. Höhe von drei dünnen Stäbchen gehalten
e. Das Gefäfs war am Boden geschwärzt und mit einer
– 20° erkältenden Mischung gefüllt; das Aktinometer stand
cht in solchen Abständen darunter, dafs das Thermometer
einander ein Viertel, ein Drittel und zwei Drittel der
ugel übersah. In jeder Lage wurde das Temperaturgleich-
ht abgewartet und der Stand beider Thermometer aufge-
et. Auf gleiche Weise wurde bei einer Erkaltung des
es bis 0° und den zwischenliegenden Temperaturen ver-
n, und dieses führte zu folgendem Resultate: *Wenn man*
der Temperatur der Umgebung $\frac{2}{4}$ des Sinkens des Akti-
ters abzieht, so findet man die Temperatur des künst-
n Himmels. Dieses Gesetz auf die Wärme des Himmels
wandt giebt

$$z = t - \tfrac{2}{4} d,$$

t die beobachtete Lufttemperatur und d das Sinken des
nometers bezeichnet, als die erforderliche Graduation.

Viele in heiteren und windstillen Nächten angestellte Ver-
suchen bestätigten, dafs die Zenithaltemperatur fast wie die
peratur der umgebenden Luft sinkt, welches vom Unter-
ge bis zum Aufgange der Sonne statt findend zu einer wich-
n Folgerung führt. Es ist nämlich gezeigt worden, dafs die
thaltemperatur von zwei Bedingungen abhängt, der constanten
peratur des Himmelsraumes und der veränderlichen mittle-
der Luftsäule. Da sich nun die Zenithaltemperatur in ei-
Nacht bedeutend ändert, so folgt hieraus, dafs ihre con-
te Gröfse nur einen sehr kleinen Werth hat in Bezug auf
veränderliche, und dafs daher die Wärme des Weltraumes
sehr klein ist verglichen mit der von der Strahlung der
osphäre herrührenden.

96) Um die Wärme des Himmelsraumes zu finden, geht
ELLET von einer anderen Grundlage aus. Unter der äqua-
chen Zone kann die Oberfläche der Erde, die sie bedeckende
t mit inbegriffen, als ein Cylinder betrachtet werden, dessen
e Grundflächen die Wendekreise bilden und dessen Hälfte
h durch die Sonne beschienen wird. Dieser Cylinder em-
ng in jedem Augenblicke alle die Wärme, welche auf das

Digitized by Google

Rectangel seiner Projection fällt, dessen Oberfläche = 2rh, und er erhält daher in jeder Minute eine Wärmemenge = 1,76 × 2rh. Da aber diese Wärme auf die ganze Seitenfläche oder auf $2\pi rh$ vertheilt ist, so empfängt jede Einheit nur

$$\frac{1,7633}{\pi} = 0,56$$

als die Menge der Sonnenwärme, die in jeder Minute täglich auf jedes Quadratcentimeter der Aequatorialzone fällt. Gleichzeitig ist auch die Himmelswärme thätig, und wenn die unbekannte Temperatur des Himmelsraumes durch t' bezeichnet wird, so folgt, dafs die von einem Quadratcentimeter in 1 Minute aufgenommene Wärmemenge $= Ba^{t'}$ ist. Diesem beträgt die Menge der aufgenommenen Wärme

$$Ba^{t'} + 0,56.$$

Es können aber die vereinten Wirkungen des Himmelraumes und der Sonne durch eine einzige Hülle mit Maximum-Emissionsvermögen ersetzt werden, und wenn die unbekannte Temperatur dieser Hülle v heifst, so erhält man

$$Ba^{v} = Ba^{t'} + 0,56.$$

Diese Temperatur v mufs eine solche seyn, dafs sie an der Oberfläche der Erde in der tropischen Zone die mittlere Temperatur von 27°,5 erzeugt. Der Ueberschufs der Temperatur einer Kugel über die einer ihn einschliefsenden Hülle läfst sich aus der Formel[1]

$$a^{t-t'} = \frac{2 - b'}{2 - b}$$

ableiten, worin t die Temperatur der Kugel und t' die der Hülle bezeichnet. Da aber hier der Werth von t gegeben ist, so hat man

$$a^{27,5 - v} = \frac{2 - b'}{2 - b}.$$

Nimmt man den hieraus hervorgehenden Werth von v und setzt man für B seinen Werth = 1,146, so erhält man

1 Der Kürze halber habe ich übergangen mitzutheilen, wie Poisson zu dieser Gleichung gelangt, indem er sich eine Kugel von einer diathermanen Hülle, und diese wieder durch eine Sphäre umgeben denkt; es wird aber hier genügen zu bemerken, dafs b das Absorptionsvermögen bezeichnet, welches die diathermane Hülle gegen die von der Kugel ausströmende Wärme, und b dasjenige, welches dieselbe gegen die von der einschliefsenden Sphäre ausströmende Wärme ausübt.

Digitized by Google

$$a^t = 1{,}235\,\frac{2 - b}{2 - b'},$$

la die Versuche mit den Sonnenstrahlen im Mittel $b' = 0{,}35$ n, so erhält man die Endgleichung

$$a^{t'} = 1{,}008 - 0{,}748\,b,$$

in nur zwei unbekannte Gröfsen sind, t' die Temperatur Weltraumes und b das Absorptionsvermögen, welches die osphäre auf die irdische Wärme ausübt. Der gröfste Werth b giebt die geringste Wärme des Weltraumes, und da b gröfser als 1 seyn kann, so kann auch die Temperatur Weltraumes nicht gröfser als — 175° C. seyn. Für = 0,3 würde man haben — 187° und für $b' = 0{,}4$ blofs 64°. Ist dieser geringste Werth von t' einmal gefunden, st es nicht schwer, auch den gröfsten zu finden, welcher kleinstmöglichen Werthe von b entspricht, und da dieser kleiner als 0,8 seyn kann, so ist die Wärme des Raumes er als — 115°. Zur genaueren Bestimmung des zwi- n diesen beiden Grenzen liegenden mehr genäherten Wer- würden viele Versuche unter den verschiedensten Breiten in ungleichen Höhen erforderlich seyn; inzwischen geben von Pouillet angestellten schon eine sehr wahrscheinliche äherung, nämlich — 142° C., welche einem Werthe von = 0,9 zugehört.

97) Als Endresultat dieser Untersuchungen ergiebt sich , *dafs die* Sonne der Erde eine Temperatur = 1°,7633 für Minute und ein Quadratcentimeter Fläche mittheilt, dafs vollkommener Heiterkeit die Atmosphäre hiervon 0,4 dieser me und der Wärme des Raumes entzieht, von der durch Erde gegebenen aber 0,9, und dafs die Temperatur des traumes gegenwärtig — 142° C. beträgt. Pouillet glaubt, mittelst noch geeigneterer Apparate und durch anhaltende ne Versuche manche der angegebenen Gröfsen richtiger be- mt werden könnten. Scheint es gleich, als ob die ver- edenen Regionen des Himmels, die nach einander durch r Zenith gehen, gleiche Wärmemengen ausstrahlen, so ist doch scheinlich, dafs dieses nur aus der Unvollkommenheit un- r Instrumente folgt, denn die Gruppirung der Sterne ist so leich, dafs nothwendig die verschiedenen Hemisphären der hlen Himmelskugel auch ungleiche Wärmemengen geben

Digitized by Google

müssen. Zu Untersuchungen dieses Problems würde sic äquatorische Zone am besten eignen.

98) Weitere Folgerungen, welche aus diesen Untersu gen hervorgehn, sind, dafs die Menge der Wärme, v der Himmelsraum der Erde und der Atmosphäre zusend hig seyn würde, während eines Jahres eine Eisdecke v Meter Dicke zu schmelzen, die von der Sonne herkom vermag aber eine solche von 31 Meter Dicke zu schm und die Summe beider giebt also die Schmelzung eine decke von 57 Meter Dicke. Die Wärme, welche vom raume kommt, beträgt also $\frac{5}{6}$ der von der Sonne menden. Unter den Tropen beträgt die Wärme des melsraumes nur $\frac{2}{3}$ soviel als die der Sonne, denn daselb die letztere durch eine schmelzende Eisschicht von 39 Dicke dargestellt. Pouillet meint, es müsse auffallen der Himmelsraum bei einer Temperatur von — 142° de beinahe ebenso viel Wärme zusende, als die Sonne; man müsse bedenken, dafs in Beziehung auf die Erde die nur den 5 millionsten Theil des Himmelsgewölbes ein und daher 200000 mal mehr Wärme hergeben müsse, um gleichen Effect hervorzubringen. Von einer andern Se trachtet scheint vielmehr der Einfluss der Sonne noch zu angegeben; denn ohne diesen würde die überall gleiche Temperatur des Bodens — 89° seyn, und da die mittlere Tem unter dem Aequator 27°,5 beträgt, so wird diese dur Sonne um 116°,5 erhöhet. Auf gleiche Weise würde den Einfluss der Sonne die mittlere Temperatur der Lu unter dem Aequator — 149° seyn, und da sie nach den F — 10° gefunden worden ist, so wird sie durch die Sonne um erhöht. Pouillet bemerkt ferner, dafs diese Resultate t tend von denen abweichen, die Poisson gefunden hat, er die mit der Tiefe zunehmende Bodentemperatur mit r nung brachte, glaubt aber, dafs beide Methoden mehr üb stimmende Resultate geben würden, wenn man den beden Einfluss der Atmosphäre auf eine mehr directe Weise die Formeln aufnehmen könnte. Wollte man endlich di cül auf Gegenden unter höheren Breiten anwenden, so man zugleich die mit der Breite abnehmende Bodentem mit berücksichtigen; es sey aber leicht zu übersehen, d Winde die Temperatur der Polarzonen merklich erhöhe

Digitized by Google

sie die der gemäfsigten Zonen nicht wenig vermindern; die äquatorische Zone scheinen sie dagegen keinen bedeu- en Einfluſs auszuüben.

99) Pouillet entwickelt bei seinen Untersuchungen so en Scharfsinn, die Versuche sind mit so zweckmäfsigen Ap- ten und so vieler Umsicht angestellt, dafs seine Abhandlung n ausführlichen, mitunter wörtlichen, Auszug verdiente; ist nicht zu bezweifeln, dafs seine Theorie viele Anhänger n wird, um so mehr, als die Grundlagen derselben in der tsache mit den durch Fourier und Poisson aufgestellten en übereinstimmen. Unverkennbar stehen ihr aber gewich- Argumente entgegen, deren einige wir hier beibringen wol- wobei wir jedoch von der Voraussetzung ausgehen, dafs uillet eine eigentliche Emission, einen Ausfluſs der Wärme der Sonne und den Himmelskörpern annimmt, wie aller- s aus seinen Ausdrücken hervorzugehen scheint. Ist dieses ch der Fall, so wird es hiermit ebenso gehn, als mit der en Hypothese vom Lichte, die man allseitig abgerundet ickelt und durch den elegantesten Calcül scheinbar begrün- hatte, bis endlich der aus einfacher Ansicht der Sache ent- mene Einwurf, dafs ein solches stetes Ausströmen eines elbst elastischen Fluidums naturwidrig sey, obsiegte und Undulationstheorie den Vorzug verschaffte. Warum wurde der Emissionstheorie des Lichts nicht gleichzeitig die der rme verworfen? Dieses Argument wird bedeutend gewich- , wenn man berücksichtigt, dafs die Emissionshypothese andern, noch weniger begreiflichen oder vielmehr natur- gen Hypothese einer beständigen vor- und rückwärtsge- n, aufgehobenen und wieder hergestellten Bewegung be- Die Emission der Wärme soll ohne Unterlafs von der e zur Erde, vom Weltraume zur Erde und wieder rück- statt finden, ohne dafs irgendwo die Ursache dieser Be- ung nachgewiesen wird. Die Elektricität kommt zum chgewichte, der Lichtäther ruht, bis er durch die Hitze ender Körper oder durch sonstige Ursachen in Schwin- en versetzt wird, die Wärme aber soll in steter Bewe- seyn, von der Sonne seltsamerweise mit gleicher Ge- indigkeit, als womit die Lichtwellen fortschreiten, zur gelangen, sich wesentlich gleich bleiben und ohne Licht ständig wieder zum Himmelsraume strömen, während sie

von diesem gleichzeitig wieder zur Erde strömt. Ist so diese Voraussetzung an sich ganz unbegründet, so wird noch obendrein ganz naturwidrig, wenn zugleich die Gr unserer Atmosphäre bis zum absoluten Nullpuncte kalt soll, obgleich nicht blofs die Wärme der Sonne und des W raumes, sondern auch die von der Erde strahlende unaufh durch sie strömt; denn genau genommen heifst dieses nichts deres, als: in der unsere Atmosphäre begrenzenden Sphäre ist Wärme vorhanden, aber es ist auch keine vorhanden; vo den mufs sie seyn, weil sie hindurchströmt, sie ist aber vorhanden, weil sie sonst den Lufttheilchen Expansion geben damit die Grenze der Atmosphäre weiter rücken würde. Schwäche dieser Hypothese stellt sich immer mehr h wenn man sie von verschiedenen Seiten beleuchtet. Das Theilchen des Lichtäthers, welches in einem gegebenen mente den Sehnerv unseres Auges afficirt, war nicht vor fahr 8,5 Minuten noch bei der Sonne, sondern so wie da dem Schenkel einer tönenden Stimmgabel in Berührung b liche Lufttheilchen seinen Ort nicht verläfst, und dennoch jenige, welches unser Gehörorgan berührt, gegen letzteres brirt, ebenso verläfst auch das bei dem leuchtenden K namentlich der Sonne, befindliche Molecül des Lich seine Stelle nicht, wohl aber gelangt die durch den Lich fortgehende Undulation zum Nerv des Auges. Nehmen eine Emission als Grund der Wärmestrahlung an, so müs von der Sonne ausströmende Wärmemolecül muthmafslich gleicher Geschwindigkeit, als womit die Lichtundula fortschreiten, die ungeheuren Himmelsräume durchströmen lange hierbei das Licht als Vehikel dient, könnte man leichter, wiewohl auf keine Weise deutlich, hierin die kende Ursache einer solchen Bewegung gegeben denken, bei der nächtlichen Strahlung fällt dieses Hülfsmittel Wir dürfen aber bei dieser letzteren, sofern die Wärme unserer Erde sich erhebt, einen Umstand nicht übersehen, cher auf keinen Fall gänzlich unberücksichtigt bleiben nämlich die gemeine Fortpflanzung durch Leitung oder s däre Strahlung und durch Luftbewegung. Man betrachte gesammten Wärmeverlust blofs als Wirkung der Strahlun lein die später zu erwähnenden Versuche von Dulong Petit über Wärmestrahlung zeigen evident, dafs bei de

Digitized by Google

...bst von Luft eine Fortleitung durch diese an sich und ... die Bewegung ihrer Theilchen gleichzeitig statt findet. ... Argument lafst sich zugleich auch gegen die Resultate ... machen, welche POUILLET vermittelst seines künstlichen ... erhielt und die daher nicht als absolut genau gelten ... MELLONI und FORBES, welche diesen störenden Ein- ... gfältig vermieden, gelangten eben dadurch zu so ge- ... Gröfsenbestimmungen. Offenbar wirkte bei dem künst- ... Himmel nicht blofs die Strahlung auf das Thermometer, ... doch bei der wirklichen Himmelssphäre als allein wirk- ...chten, sondern auch die sich bewegende und die auf- ... Wärme mit sich führende Luft.

... Argumente gelten inzwischen zunächst nur gegen ...ständige Strömung der Wärme von der Sonne und ...lssphäre gegen die Erde und von dieser wieder ge- ...tern Himmel, die hiernach nicht wohl statt finden ... Von der andern Seite langt aber unverkennbar Wärme ... Sonnenstrahlen in den Körpern an und wird von die- ...n aufgenommen, als auch bleibend festgehalten. Die- ...ahlen ist offenbar von dem der Lichtwellen und der ...llen verschieden; die Annahme blofser Undulationen, ... Erklärung der Lichtphänomene so fruchtbar war, genügt ... Behandlung der Wärmelehre nicht, und wir müssen es ... vorerst aufgeben, eine befriedigende Theorie hierfür aufzu- ..., oder ein anderes Princip aufsuchen, um alle Wärme- ...ne unter demselben zu vereinigen; ein Versuch hierzu ... der erst später gemacht werden, wenn wir die gesammten ... selbst genauer kennen gelernt haben (§. 363).

... Beilaufig kann hier noch die Frage erörtert werden, ... Strahlen des vom Monde reflectirten Lichtes Wärme ..., die man wohl ebenso oft bejahet, als verneint hat. ...meinen läfst sich annehmen, dafs die erzeugte Wärme ...sität des Lichtes proportional sey, und da nach BOU- ... Licht des Vollmonds 300000 mal schwächer, als das ... Mittagssonne ist, so läfst sich nicht wohl eine Con- ...g desselben bewerkstelligen, die ein Steigen des ge- ...chten Thermometers zu verursachen vermöchte. Dieses ... das Resultat der Versuche des DE LA HIRE[1], welcher

[1] Mém. de l'Acad. 1705. p. 306.

Digitized by Google

fand, dafs die mittelst eines Spiegels 360mal concentrir
Mondstrahlen keine Wärme verursachten. Im Widersp
hiermit will Howard[1] gefunden haben, dafs die mit ei
13zolligen Hohlspiegel aufgefangenen und concentrirten Mo
strahlen das Differentialthermometer allerdings afficiren, eb
will auch Watt[2] einen erwärmenden Einfluſs der Strah
nicht sowohl des Vollmonds, als noch mehr der Phasen d
selben, auf seinen Apparat wahrgenommen haben. Im Wi
spruche hiermit beobachteten Pictet und Prevost[3] viel
eine Erkaltung und leiteten diese Ersterer von den höh
kälteren Luftschichten, Letzterer von der Wärmestrahlung
Auf jeden Fall ist die erwärmende Kraft des Mondes so
ring, dafs man dieselbe wohl nie durch Versuche, die d
anderweitige unvermeidliche Einflüsse bedingt sind, mit Sic
heit auszumitteln im Stande seyn wird; denn wenn di
möglich wäre, so würden sicher Nobili und Melloni[4]
ihren feinen Instrumenten ein anderes, als ein negatives Resultat
halten haben. Mit gröfster Genauigkeit und wohl nicht leicht
übertreffender Feinheit der angewandten Instrumente hat end
auch Forbes[5] die Beantwortung dieser lange streitigen Fr
versucht. Hierzu bediente er sich nicht nur eines sehr fei
Thermomultiplicators, sondern concentrirte auch die Strah
durch eine 30 Zoll im Durchmesser haltende Polygonallinse v
Soleil in Paris bis zum 6000fachen, so dafs, wenn die Hä
für Reflexion, Absorption und Dispersion abgerechnet w
stets noch eine 3000fache Concentration übrig bleibt. O
die Messungen einzeln zu beschreiben, wird es genügen zu
merken, dafs er nicht den kleinsten erwärmenden Effect
Mondstrahlen wahrzunehmen vermochte. Wird dieses mit
Grenze der Feinheit zusammengenommen, bis zu welcher
Anzeigen seines Apparates reichten, so führt dieses zu dem
sultate, dafs die directen Mondstrahlen nicht ein Dreimal
derttausendstel eines hunderttheiligen Thermometergrades W

1 Silliman Amer. Journ. of Sc. T. II. p. 329.
2 Edinburgh New Phil. Journ. N. IX. p. 325.
3 Biblioth. univ. T. XIX. p. 35.
4 Poggendorff's Ann. XXVII. 449.
5 On the Refraction and Polarisation of Heat. p. 7. In Ed
Phil. Tr. T. XIII.

Digitized by Google

vermögen, wonach also dieses Problem wohl für entschieden zu betrachten seyn dürfte.

Wärmeerzeugung durch Zusammendrückung und Reibung.

Zweites, sehr bekanntes Mittel der Wärmeerzeugung Zusammendrückung fester und expansibeler Körper, das Feilen, Zerreiben der Metalle und Hölzer, das Pressen von Münzen und Medaillen, das Schleifen, Reiben, Klopfen und alle Summe dieser ähnlichen Processe. Um die verschiedenen hierher gehörigen Erscheinungen, wovon nur die bedeutendere Erwähnung verdienen, gehörig zu sondern, wollen wir zuerst unsere Körper berücksichtigen.

Wir werden *starre Körper*, im Gegensatze der tropfbarflüssigen, gedrückt oder gerieben, so erfolgt stets Wärme. Dieses fühlt man sofort, wenn man einen hölzernen Stab, einen Metalldraht oder selbst ein Band, ein Seil, u. s. w. schnell durch die Hand zieht. Maschinentheile, ebenso Wagenaxen beim schnellen Fahren, würden Flächen nicht in Folge geeigneter Schmiere leicht aufeinander hingleiten. Ein Beispiel dieser Art zeigt die Welle eines Dampfschiffes, welche neu gemacht war und sich in ihrer Bewegung glatt reiben sollte, dabei aber bis zum Glühen erhitzt wurde und mit mehreren aufgegossenen Kübeln wieder abgekühlt werden mußte. Wird ein Stab auf einer Drehbank schnell umgedrehet und ein Messer gegen gedrückt, so tritt Verkohlung beider ein, es steigt Rauch und der Geruch verräth beginnende Verbrennung. Doch ist es unmöglich oder mindestens sehr schwierig, auf diese Weise eine Entzündung hervorzubringen oder Feuer anzumachen, weil die erhitzten und zuletzt wirklich verbrannten Theile stets abgerieben werden. Weit praktischer für diesen Zweck sind die Methoden der wilden Völker, durch dieselbe Feuer anzuzünden, dessen sie sich in Ermangelung complicirterer Vorrichtungen zu diesem Zwecke ausschliefslich bedienen[1]. Einige Wilde in Brasilien, namentlich die Botokuden, nehmen hierzu zwei getrocknete Holzstäbchen, unge-

[1] Mollien's Reise. Th. II. S. 78. Th. III. S. 154. Burchell's Reise. B. II.

fähr einen Finger dick, das eine versehen sie mit Verti
dem andern geben sie eine Spitze, stecken letzteres
hohle Rohr eines Pfeiles, stemmen die Spitze in eine
tiefungen und drehen das obere Ende schnell, wie eine
zwischen den Händen, wodurch Schabsel in der Grube
Dieses wird erst braun und fällt zum Theil herab, zul
entzündet es sich und wird zur brennenden Kohle[1].
liche Stäbe sah Campbell[2] bei den Befschuanen i
die sich derselben als eines gewöhnlichen Feuerzeuges
ten. Auch die Neuholländer in King-George's Port
dadurch Feuer an, dafs sie zwei Hölzer an einander r
eine Verkohlung und zuletzt eine wirkliche Entzünd
steht[3], nicht minder die Bewohner von Tahaity, w
eine der Hölzer gegen die Brust stemmen und mit de
terem Ende in dem zweiten eine Furche erzeugen, w
feine abgeriebene Holztheilchen sammeln, die sich dur
Reiben erhitzen und endlich entzünden[4]. Sehr lange
ist, dafs sich die Araber gleichfalls dieses Mittels bed
denen die gebrauchten Hölzer eigne Namen haben,
und *Aphar*, auch beide zusammen *Zabdan* (die Reiber
endlich diese Methode auch den Alten bekannt war
sich derselben bedienten, unterliegt nach glaubhaften Z
keinem Zweifel[6]. Es ist daher die grofse Hitze gar
bewundern, welche die Hemmschuhe annahmen, wen
Blackfriar's Brücke unter den Rädern schwerer Lastw
schleift wurden[7]. Hierher gehört auch die Method
röhren oder Stäbe abzusprengen, indem man einen
um sie schlingt und diesen durch Bewegung der R
an ihnen reibt, sie dadurch partiell erhitzt und dann a
durch einen Wassertropfen abkühlt, denn wenn der
Harpune getroffene Wallfisch sich schnell in die Ti
und das über den Bord des Kahnes gleitende Seil m
Geschwindigkeit nach sich zieht, so mufs diese Stelle stets

1 Eschwege Journal von Brasilien. Weim. 1818. Ht. I.
2 Reise in Africa. Weim. 1823. S. 37.
3 Dumont d'Urville Voyage.
4 Kotzebue Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. S.
5 J. D. Michaelis verm. Schriften. S. 97.
6 Plinius H. Nat. Lib. XVI. cap. 40.
7 Ann. of Philos. N. S. T. VII. p. 142.

Digitized by Google

begossen werden, damit keine Entzündung entsteht, da ohnedurch den aufsteigenden Rauch oft das ganze Boot eingewird. Wedgwood[1] bemerkte, dafs ein Stück Fensterin einer Scheibe zum Schleifen bei verstärktem Drucke an der berührenden Stelle bis zum Rothglühen erhitzt und Funken sprühete, die Schiefspulver zu zünden ver-. Dahin gehört auch das *Entzünden der Kohlen*, nader weichen von Faulbaumholz, durch Reiben[2], welCossigny im Jahre 1780 bei einer Pulvermühle auf Isle wahrnahm; auch gelang es ihm, Kohlenpulver durch Hammerschläge in Brand zu setzen, weswegen man die Bestandtheile des Schiefspulvers einzeln zu zermalmen pflegt. neuerdings entzündete sich, nach einer Erzählung von Meyer[3], zu Lüttich die auf einem horizontalen Marmorplatte geriebene Kohle unter dem Läufer.

102) Auf gleiche Weise, als beim Reiben, wozu auch das Bohren gehört, wird Wärme durch schnelle Zusammendrückung fester Körper, z. B. in einem Schraubstocke oder beim Prägen der Münzen entwickelt. Auch weiche Körper, als Leder, Holz, Leinen, Wollenzeug, trockne Pflanzenstoffe u. s. w., erwärmen sich durch starkes Hämmern, vorzugsweise aber Metalle. Sehr interessant in dieser Beziehung ist die Erzählung Cavendish's[4], dafs einst die gesammte Schiffsmannschaft mit zwei volle Tage ohne Feuer und künstliches Licht hinbringen mufste, weil im Sturme alle Gegenstände durchnäfst wurden, und dafs ihn nachher ein gemeiner Schmidt belehrte, er dürfe nur mit einem Hammer die Spitze eines Nagels auf harten Unterlage stark schlagen und schnell an Schwefel reiben, um letzteren zum Brennen zu bringen. Als wissenschaftliche Versuche zur Bestimmung der Wärmemenge, die durch schnelle und starke Zusammendrückung erzeugt wird, sind mir blofs die durch Berthollet[5] angestellten bekannt. Dabei bediente er sich einer zur Münze gehörigen Prägemaschine mit Balancier und preifste vermittelst derselben geeignete

[1] Philos. Trans. 1792. p. 45.

[2] Von der Selbstzündung des Kohlenpulvers als pyrophorischer Masse wird später die Rede seyn.

[3] Poggendorff's Ann. XX. 620.

[4] Dessen Lebensbeschreibung. Th. II.

[5] Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 441.

Digitized by Google

Metallscheiben, warf sie dann sogleich in Wasser und bestim
aus dessen Temperaturzunahme die Menge der erzeugten Wä
Es ergab sich hieraus, dafs selbst durch starke Pressung
weitem nicht so grofse Hitze, als durch Reiben erzeugt
und dafs die erhaltene Quantität bei fortgesetzten Pressu
des nämlichen Stückes abnimmt, vermuthlich bis zum gä
chen Verschwinden. So betrug die Wärmevermehrung
zwei Stücken Kupfer

beim ersten Stofse	1. Stück	9°,69
	2. Stück	11,56
beim zweiten Stofse	1. Stück	4,06
	2. Stück	2,50
beim dritten Stofse	1. Stück	1,06
	2. Stück	0,81

im Ganzen also beim ersten Stücke 14°,81, beim zweiten 14
bei beiden also bis zur unvermeidlichen Fehlergrenze gle
viel. Nicht ganz so genaue Gleichheit gaben zwei Stücke
ber, nämlich 8°,19 und 6°,37 C. Hiernach gab aufse
Kupfer mehr Wärme als Silber und dieses mehr als G
Uebereinstimmend hiermit wurde das spec. Gewicht der Me
durch das Pressen ungleich vermehrt, beim Golde von 19,2
zu 19,2357; beim Silber von 10,4667 zu 10,4838; beim K
pfer von 8,8529 zu 8,9081. Berthollet schliefst hie
dafs die erhaltene Wärme eine Folge verminderter Wärm
pacität der Körper sey. Wird Eisen oder Stahl auf ei
Sandsteine stark geschliffen, so reifsen sich kleine Stückchen
Metalles los und verbrennen beim Fortfliegen durch Aufna
von Sauerstoffgas aus der Luft in Folge der starken Erhitz
die in den kleinen Stückchen vorzugsweise gesteigert wi
Diesem ähnlich sind die Funken des Stahls beim gewöhnlic
Feuerschlagen, indem dann gleichfalls die feinen abgeriss
Stahltheilchen in der Luft verbrennen. Hiernach können d
Splitter im luftleeren Raume nicht zum Verbrennen kom
und daher auch das Schiefspulver nicht entzünden, denn
gleich sie einen bedeutenden Grad von Wärme erhalten,
werden sie doch, ehe sie das Schiefspulver erreichen, zu

1 Auch beim Schleifen des Glases, besonders auf trocknen S
nen, bemerkt man Lichtfunken und Lichtscheine, die aber eine F
der Phosphorescenz seyn dürften.

Digitized by Google

kühlt, als dafs sie dasselbe entzünden könnten. Nach
r's[1] Versuchen könnte man übrigens schliefsen, dafs sie
n das blofse Abschlagen bis zur Glühhitze gebracht wür-
, weil sie auch im Vacuum einen Lichtschein verbreiten; es
jedoch wahrscheinlich, dafs dieser blofs Folge des Phospho-
rens des Quarzes sey, denn die schärfsten Feuersteine geben
am stärksten, bei Schwefelkiesen dagegen, wenn diese den Feuer-
n ersetzen, fehlt derselbe. Nicht blofs diesen Lichtschein, son-
n selbst leuchtende Funken geben auch zwei an einander ge-
lagene Feuersteine oder Quarzstücke, ungeachtet dabei kein
brennlicher Körper vorhanden ist. Die abgerissenen, auf
diesem Papiere aufgefangenen, kleinen Stückchen erscheinen
warz beschlagen, was man davon ableitet, dafs sie beim
ben die in der Luft vorhandenen brennbaren Theilchen ver-
llen sollen; allein da sich die Funken auch beim Zusam-
schlagen unter Wasser zeigen[2], so kann hierin die Ursache
t liegen, sondern die Schwärzung ist vielleicht aus opti-
en Gründen zu erklären. Dafs übrigens auch hierbei grofse
e erzeugt werde, ist nicht zu bezweifeln, da die Einwoh-
auf Unalaschka Feuer anzünden sollen, indem sie die Fun-
der an einander geschlagenen Quarzstücke, die vorher mit
wefel bestrichen sind, in trocknem Grase auffangen[3].

103) Der Theorie nach sollte man schliefsen, dafs auf
iche Weise, als durch Zusammendrückung fester Körper
rme entwickelt wird, durch ihre Ausdehnung Kälte entste-
müsse, und das Verhalten expansibeler Flüssigkeiten unter-
tzt diesen Schlufs; dennoch aber zeigt die Erfahrung das
gentheil. Werden Stangen, Drähte u. s. w. schnell zerbro-
n, wenn man insbesondere einen Eisendraht durch schnelles
n- und Zurückbiegen zum Abreifsen bringt, so entsteht alle-
t Wärme, und namentlich zeigen sich die abgerissenen En-
n eines Eisendrahtes unter geeigneten Bedingungen durch
itze blau angelaufen. Legt man einen Streifen Federharz an
he Lippe oder an einen empfindlichen Theil des Gesichts und
hnt man ihn durch plötzliches Anziehen seiner beiden Enden

1 Bibliothèque Brit. T. XXII. p. 335.

2 Besj. Scholz Anfangsgründe d. Physik. 3. Aufl. Wien 1827. 504.

3 Billing's Expédition dans le Nord de la Russie. Par Sa-
ze. p. 159.

Digitized by Google

stark aus, so wird Wärme empfunden[1]. Inzwischen ist d
Verhalten den Naturgesetzen keineswegs zuwider. Durch
che Ausdehnungen wird auf jeden Fall eine Reibung der T
an einander bewirkt, weswegen auch Barlow[2] die beim
reifsen der Eisendrähte entstehende Wärme aus einer Rei
der inneren Theile ableitet; allein aufserdem ist die Aus
nung, absolut genommen, nur scheinbar, indem zwar eine
längerung der Körper, keineswegs aber eine allgemeine gr
Entfernung ihrer Molecüle eintritt; überhaupt aber ist d
Procefs, in Beziehung auf das stabile Gleichgewicht der M
cularkräfte betrachtet, ein sehr zusammengesetzter, insofer
durch Gewichte beschwerter Draht sich ausdehnt, also an G
seines Querschnittes abnimmt, aber dennoch der ihn zum
reifsen bringenden Kraft einen stets zunehmenden Widers
entgegensetzt[3].

104) Aufser diesen zahlreichen Erfahrungen über Wär
entwickelung durch Reiben giebt es noch eine Menge für
senschaftliche Zwecke angestellte Versuche. Zu den bereits
wähnten von Rumford[4] und Davy gehören vorzüglich
die von Pictet[5] angestellten, welcher die durch Reiben
zeugte Wärme aus einer Zersetzung der Luft ableiten wol
weil er die vom Stahle abgerissenen Partikeln im luftlee
Raume nicht so verbrannt sah, als im lufterfüllten. Er ric
daher einen Apparat so ein, dafs kleine Schalen sich durch
Uhrwerk gedrehet an verschiedenen Substanzen mit ungle
Geschwindigkeit rieben, ein Thermometer aber, welches in
Vertiefung der Schälchen hinabreichte, ohne deren Fläche
berühren, das Mafs der erzeugten Wärme angab, und da

1 Thomson System cet. T. IV. p. 197.

2 Annals of Philos. T. X. p. 311.

3 Lagerhjelm bemerkt, dafs sich Wärme aus abgerissenen E
stangen entwickelt, und dennoch geht ihr spec. Gewicht von 7,8
7,777 herunter, wonach also keine Vermehrung der Dichtigkeit
findet. Berzelius Jahresbericht Th. VIII. S. 77. Vergl. Ann. de Chi
Phys. T. XXXVI. p. 384. Die Verminderung des spec. Gew. w
wohl zweifelsohne noch gröfser seyn, wenn alle Theile durch die
chanische Gewalt mehr von einander entfernt und nicht auch e
genähert würden.

4 Vollständig mitgetheilt nebst Zeichnungen der gebrauc
Apparate in Scherer's Journ. Th. I. S. 1.

5 Versuch über das Feuer. Tüb. 1790. Cap. 9. S. 184.

Digitized by Google

ze Vorrichtung sich unter den Recipienten einer Luftpumpe
en liefs, so konnte der Einfluss der Luft bequem dadurch
gemittelt werden. Hierbei sah Pictet, als eine Schale von
hl an einem Stück Corund gerieben wurde, in der Luft ein
tes Funkensprühen, in 84mal verdünnter Luft aber nur im
unkeln einen phosphorischen Schein; das Thermometer zeigte
ine Wärme. Als aber bei einem zweiten Versuche eine Mes-
schale an Messing gerieben und die Thermometerkugel tie-
in die Schale hinabgedrückt wurde, stieg das Thermometer
der Luft erst nach beendigter Reibung, in 28mal verdünn-
Luft aber schon während des Reibens. Als Messing an
z gerieben wurde, stieg das Thermometer höher, und noch
r, als Holz sich an Holz rieb, mehr aber im luftver-
nten, als im lufterfüllten Raume. Weit stärkere Ent-
ckelung von Wärme zeigte sich, als die Schale nicht selbst
rieben wurde, aber etwas Baumwolle enthielt, die sich
hr oder minder stark an der Thermometerkugel selbst rieb,
stets war im luftverdünnten Raume die Wärme am
fsten.

105) Haldat[1] beabsichtigte, die durch Rumford ange-
llten Versuche unter veränderten Bedingungen und mit ver-
edenen Modificationen zu wiederholen, weswegen auch die
iebenen Körper in seinem Apparate eine gewisse Quantität
asser erwärmten. Inzwischen gesteht er selbst, dafs die
ofse *Dunkelheit*, welche diese Aufgabe umhüllt, durch seine
ühungen keineswegs aufgehellet worden sey, obgleich sie aller-
gs dazu dienen, die Thatsachen genauer festzustellen. Vor allen
gen bestätigen sie die unerwartet grofse Menge von Wärme,
che durch Reibung entwickelt wird und sehr von der Be-
ffenheit der geriebenen Körper abhängt, aber nicht von
r Dichtigkeit, denn Blei gab weniger Wärme als Zink.
egen ist die Zunahme des Druckes von grofsem Einflufs;
er Erwarten aber gab feilenartig rauh gemachter Stahl, auf
pfer gerieben, obwohl eine beträchtliche Menge vom letzte-
n *Metalle abgerieben* wurde, kaum halb so viel Wärme, als
hl *mit schlichter* Oberfläche, und ebenso gab das Plattschla-

1 *Journal de Physique. T. LXV. p. 213. Nicholson's Journ. T. XVI. p. 30.* **Vergl. §. 14., wo diese Versuche bereits erwähnt wor-**
en sind.

Digitized by Google

gen eines Drahtes mit einem Hammer weniger Wärme, als einfache Reiben. Haldat wirft die Frage auf, warum Metalle, wenn sie beim Zusammendrücken viele Wärme ihren Poren?) hergeben, diese bei ihrer Wiederausdeh nicht wieder verschlucken? Die Erfahrung ist dagegen, in gerade das elastischere Zink die gröfsere Hitze erzeugte, dann bliebe die grofse Menge der durch blofses ben hervorgerufenen Wärme immer noch durchaus räthse (§. 14).

106) An diese Versuche lassen sich zunächst die J. Morosi[1] anreihen, welcher gleichfalls einen hölzernen linder an verschiedenen Metallen reiben liefs und die Wasser dadurch mitgetheilte Wärme mafs. Da die abs Menge des angewandten Wassers nicht angegeben ist, sind die erhaltenen Resultate nur unter sich vergleichbar. H aus ergiebt sich dann, dafs Holz an verschiedenen Met gerieben unter gleichen Bedingungen fast gleiche Mengen Wärme giebt, Blei aber auffallend mehr als die übrigen, S mehr als Eisen. Im Ganzen folgten die Metalle vom ergieb sten zum mindest ergiebigen in folgender Ordnung: Blei, Z Stahl, Messing, Kupfer, Eisen, Zinn. Durch Vermehrung Druckes von 2 ℔. zu 4 ℔. wuchs die Wärmeerzeugung zw schen 1 zu 1,15 bis 1 zu 1,52.

107) Die neuesten beachtenswerthen Versuche über E bung sind durch Becquerel[2] angestellt worden, welcher n blofs die geringsten Wärmeerzeugungen aufzufinden strebte sich dazu einer thermoelektrischen Säule bediente, die 0°,01 noch eine merkliche Abweichung der Magnetnadel sondern auch das gleichzeitige elektrische Verhalten der ge benen Körper zu bestimmen suchte. Diesemnach befestigte die geriebenen Körper an isolirenden Glasstangen und p dann zugleich die erzeugte Wärme und Elektricität. besserer Vergleichung war die Dauer und Stärke der Reibu jederzeit gleich. Von welcher Art die geriebenen Körper s

1 Poggendorff's Ann. XII. 195. Entnommen aus Bullet. univ. Sciences. Sect. 1. T. V. p. 36. Ursprünglich beschrieben in: Ale Sperimenti cet. Milano 1822. 4. Vergl. Biblioth. univ. T. XX p. 91.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 324. Edinb. New Phil. Jou N. L. p. 368. Vergl. Pinst. VI. Ann. N. 248. p. 319.

Digitized by Google

…, so erreichte die Nadel, wenn ihre Abweichung nicht über … betrug, stets in 10 Sec. ihr Maximum, betrug sie … bis 75 Grade, in 9,5 Sec., betrug sie aber von 75 bis …, in 9 Secunden. Becquerel betrachtet hiernach die … der Magnetnadel wie Pendelschwingungen, mit … Unterschiede, dafs bei der Wirkung der Schwere die … Oscillationen einer längern, hier aber einer kürzern …. Werden zwei Körper mit ungleichen Ober… an einander gerieben, so erhält mit zunehmender Stärke … Reibung[1] die rauhe Fläche die gröfste Wärme, … zwei Glasscheiben, die eine mit polirter, die an… mattgeschliffener Fläche an einander gerieben werden, … die mattgeschliffene mehr Wärme; ebenso zwei Kork…, deren eine rauh, die andere glatt ist. Bei ungle…ern ist die Sache verwickelter, z. B. polirtes Glas … Wärme im Verhältnifs von 34 zu 5 des ersteren …, mattgeschliffenes Glas an Kork von 40 zu 7; … Kork von 50 zu 12; Federharz und Kork von 29 … Ein allgemeines Gesetz läfst sich daher nicht aufstel… sowohl die Natur der Substanz, als auch die Be… der Oberfläche Einfluss haben.

Rücksichtlich der Theorie dieser Erscheinungen geht … von der unter den Gelehrten, namentlich den fran…, angebaren und wohl allein richtigen Ansicht aus, … Wärme, als repulsives Princip, unter dem Einflusse … der Molecüle steht, an sich aber und gegen ihre … Molecüle repulsiv wirkt, daher durch alles dasjenige … werden mufs, was das stabile Gleichgewicht der Mole… eines Körper afficirt. Als Beispiel führt er an, dafs … Zusammensetzung aus 1 Th. Eisen und 2 Th. Antimon … eine Menge Funken giebt, also eine ähnliche Erschei… zeigt, als das Feuerzeug. Zugleich aber sucht er die … mit in das Gebiet der Elektricität zu ziehn, weil die … zeigt, dafs die Veränderung der Lage der Molecüle … Wärme, als auch Elektricität frei werden läfst. Zwi… beiden mufs daher nach seiner Ansicht ein Zusammen… statt finden; aber es ist schwer, diesen aufzufinden, na…

[1] Nach Morosi wächst die erzeugte Wärmemenge weniger durch … Schnelligkeit der Reibung, als durch verstärkten Druck.

Digitized by Google

mentlich sofern man noch nicht weifs, welches von beide
andern vorausgeht. Vermuthlich entspringt aber, wie er
die Wärme aus der Elektricität, wenn beide Körper von
cher Natur, schlechte Wärmeleiter und blofs durch di
schaffenheit ihrer Oberflächen verschieden sind, wobei da
sich am stärksten erhitzende Oberfläche negative Elek
annimmt. Bei ungleichen Körpern hält Becquerel die B
mung für sehr schwierig, was übrigens ein sehr gewi
Argument gegen die Zulässigkeit der Hypothese ist, d
im Fall ihrer Richtigkeit den verschieden modificirten I
menen leicht müfste anpassen lassen. Einige Aufklärung
er aus der Phosphorescenz der Körper entnehmen zu k
sofern alle Ursachen, welche diese erzeugen, auch Elek
hervorrufen sollen. Man dürfe demnach die Phosphor
von einer unendlichen Menge kleiner elektrischer Funk
leiten, welche die Molecüle der Körper geben. Diese
auch aus Ehrenberg's Versuchen hervor, welcher a
phosphorescirenden Seethierchen lauter kleine Fünkche
springen sah. Hiermit wird der Umstand in Verbindu
bracht, dafs das Leuchten als bedingt durch die Will
Thierchen erscheint, wenn sie gereizt werden, analog de
trischen Schlägen der Fische. Becquerel dehnt dieses
aus, dafs nach Berzelius und Andern das Licht bei
brennen der Körper das Resultat einer unendlichen Me
werdender elektrischer Funken seyn soll. Hiernach wi
die Elektricität, die Wärme und das Licht aus einer g
schaftlichen Quelle, einem gewissen Aether, abzuleit
dürfte sich indefs kaum der Mühe lohnen, die vielen
mente aufzuzählen, welche dieser Hypothese entgege
denn so leicht es auch ist, die drei Inponderabilien, di
Wesenheit nach grofse Aehnlichkeit mit einander habe
sen, gleichartig zu nennen, weil die Erscheinungen,
uns darbieten, viel zu zahlreich sind, als dafs eine solc
pothese nicht durch einige scheinbare Analogieen unt
werden könnte, so wird doch dadurch gar nichts gew
weil uns noch keiner von diesen ätherischen Stoffen sei
gentlichen Beschaffenheit nach bekannt ist und daher
nem Erklärungsversuche dieser Art allezeit ein dunkles
auf ein nicht minder dunkles zurückgeführt wird. Auf
dern Seite aber wachsen die Schwierigkeiten bedeutend,

Digitized by Google

ofs die Erscheinungen, welche eine jede dieser ätheri-
lüssigkeiten zeigt, auf allgemeine Gesetze zurückzu-
ind, sondern dann noch obendrein die bedeutend he-
n Aeufserungen derselben, wie sie sich bei allen dreien
nnbar herausstellen, ein einziges allgemeines Princip als
chaftliche Grundlage erfordern. Namentlich dürfte es
um möglich seyn, den unverkennbaren Unterschied der
n und negativen Elektricität mit den einfachen Undula-
les Lichtäthers zu vereinigen. Wie leicht es übrigens
che Hypothesen mit einigem Scheine hinzustellen, da-
bt unter andern T. Graham[1] ein auffallendes Beispiel.
die Wärme entweder im Zustande mit starker Kraft
ener Bewegung als strahlend vorhanden, oder im Zu-
s Gebundenseyns als Oberflächenwärme (*superficial heat*).
leiben soll die letztere in die erstere verwandelt wer-
robei zugleich noch andere aus der Umgebung zufliefst.
nhäufung oder Mangel dieser Oberflächenwärme sollen dann
i die elektrischen Erscheinungen hervorgerufen werden.
9) Es dürfte bei weitem nicht so schwierig seyn, als
ther geglaubt hat, die Wärmeerzeugung durch Reiben,
n und Pressen fester Körper zu erklären, sobald man
laubt, die oben aufgestellte Hypothese von den Undula-
des Wärmeäthers darauf anzuwenden, und diese gewinnt
ar an Wahrscheinlichkeit um so mehr, je leichter sich
hr die verschiedensten Wärmephänomene der Erklärung
Die grofse Schwierigkeit, woher die grofse Menge der
en Wärme ihren Ursprung nehme, fällt hiernach von
weg, und ist ebenso nichtig, als wenn man sich abmühen
, den Ursprung und die Ursache der mechanischen Be-
g der als neu hinzukommend betrachteten Luftmassen
aden, welche bei erzeugtem Schalle massive Mauern er-
machen. Ebenso wird auch bei den genannten Processen
ärme der erhitzten Körper nicht direct vermehrt, wohl
i Undulationen versetzt, und zwar nicht blofs die des ei-
eriebenen Körpers, sondern beider, obgleich nach ihrer
ümlichen Beschaffenheit in ungleicher Stärke. Diese
ationen theilen sich den benachbarten Körpern mit, de-
ärmestoff dann gleichfalls an diesen Schwingungen Theil

[1] New Annals of Phil. T. XII. p. 260.

nimmt, weswegen die vermeintliche Wärmequelle
schöpfliche seyn mufs. Diese Erklärung läfst sich üb
Thatsachen noch genauer anpassen, und Becquerel
dings auf dem richtigen Wege, als er die Wärme
durch Reiben auf das stabile Gleichgewicht der Mole
zurückzuführen suchte. Wir dürfen bei diesen,
vielen andern Erscheinungen, von dem unbestreitbar
satze als einer sichern Grundlage ausgehn, dafs di
der Körper durch den Conflict der Attractions- u
sionskraft im stabilen Gleichgewichte gehalten werden
diese Repulsivkraft, wenn sie nicht lediglich durch
mestoff gegeben wird, doch sehr von ihm abhängt,
ser, mit Abstofsung seiner Elemente versehn, durch
cüle der Körper angezogen, zugleich aber auch, u
neten Bedingungen, von ihnen wieder getrennt wird,
folgt von selbst, dafs alles, was die Attraction de
afficirt, auch auf die abstofsende Wärme einen Ein
und nach der Natur expansibeler Flüssigkeiten den W
ebenso in schwingende Bewegung setzen mufs, al
eines festen Körpers gegen ruhende Lufttheilchen di
pflanzenden Undulationen in dieser elastischen Flüs
zeugt. Die Schallwellen, deren genauere Kenntn
grofsen Vorschub bei der Erklärung der optischen E
gen geleistet hat, können uns auch zur klarern und
Einsicht der Wärmephänomene verhelfen. Sobald fe
einander bis auf verschwindende Entfernung genähe
was wir Berührung nennen, so mufs zwischen den
rührenden Theilchen die Anziehungskraft thätig un
schon von selbst die durch sie im Gleichgewicht gehalte
wirkende Wärme afficirt werden. Die somit erze
dulationen des Wärmeäthers müfsten sich sofort
gesammte Masse der Körper fortpflanzen, wenn
Wärme durch ihre Anziehung gegen die Molecüle
zu sehr gebunden wäre; an der Grenze der berühre
chen ist aber diese Anziehung weit schwächer, und d
gungen treten daher nicht blofs leichter ein, sondern
sich auch von hier aus in das Innere der Körper,
Bedingungen hierzu günstig sind. Wird daher ein
per gestofsen, geschlagen oder zusammengedrückt, so
Oscillationen seines Wärmestoffes momentan ein.

Digitized by Google

en zeigt Nettelbeck's erwähnte Erfahrung und die von
se erzählte Methode des Feuerschlagens auf Unalaschka
mentane Wärmeentbindung, welche den leicht entzünd-
n Schwefel zum Brennen bringt, wohin auch das Feuer-
im Allgemeinen gehört. Ungeachtet dieser momentan
en Hitze giebt aber die Compression aus leicht begreifli-
Gründen nicht so viel Wärme, als das Reiben, wie auch
wendig daraus folgt, dafs eben beim Reiben die Attraction
ben den sich berührenden Theilchen beider Körper in je-
verschwindend kleinen Zeitmomente eingeleitet und wie-
fgehoben wird, wodurch dann die Vibrationen des der
tionskraft entgegenwirkenden Wärmestoffs nothwendig be-
werden. Sofern aber die durch Reiben erzeugte Wärme
sultat der Undulationen des Wärmeäthers ist, welcher
ist den Oberflächen der geriebenen Körper zugehört, die
tern zunehmend weiter in das Innere derselben fortpflan-
bleibt es fraglich, ob eben in Folge dieser Wellenbewe-
der Wärmestoff sich aus den entferntern Theilen der
r dahin zieht, wo diese Vibrationen statt finden, wozu
ings einiger Grund vorhanden ist. Uebrigens zeigt die
glichkeit, diese Frage bestimmt zu beantworten, dafs die
rie der Wärme auch bei der Annahme von Wellenbewe-
en eines Wärmeäthers noch immer in Dunkel gehüllt
, vorzüglich wenn man berücksichtigt, dafs die durch Rei-
rzeugte Wärme den Körpern bleibend inhärirt.

10) *Tropfbare Flüssigkeiten* widerstehn jeder zusam-
ückenden Gewalt so sehr, dafs ihr Volumen selbst durch
n Druck nur wenig vermindert und zugleich keine mefs-
Quantität Wärme erzeugt wird[1]. Die, so viel mir be-
noch nicht aufgefundene Ursache dieser Abweichung
er allgemeinen Regel dürfte darin zu suchen seyn, dafs
bei flüssigen Körpern das stabile Gleichgewicht beider
n auf eine eigenthümliche Weise statt findet, indem bei
die repulsiv wirkende Wärme in einem hohen Grade

---

[1] S. Colladon und Sturm in Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. Vergl. *Schall.* Bd. VIII. S. 489. Die dort erwähnten Versuche entscheidend, und die erzeugte Wärme mufs ausnehmend gering seyn, obgleich Desaignes sie wahrgenommen und gemessen haben will. S. Ann. de Chim. et Phys. T. XX. p. 141.

Digitized by Google

angehäuft ist, sofern jedes Molecül sich in jeder La
umgebenden im Gleichgewichte befindet. Jeder
Druck wirkt daher nicht auf einzelne Molecüle,
angrenzenden mehr zu nähern, wodurch dann,
Kräfte ihr Gleichgewicht wieder herzustellen streben,
meoscillationen entstehn, sondern der Druck pflanzt
die gesammte Masse gleichmäfsig fort und die Ge
der unendlich vielen, gleichzeitig in Conflict komm
lecüle macht eine stärkere Annäherung derselben
Ausscheiden von Wärme unmöglich. Wird ihn
ein Theil Wärme entzogen, so dafs hierdurch di
einander näher kommen, so nehmen sie eine ande
tige Lage an und Wärme wird frei. Dieses zeigt
haupt bei allen Erscheinungen des *Gestehns* oder
und insbesondere auch beim Coaguliren des Blut
Thatsache ist schwer zu ermitteln; denn da beim
Wärme des Blutes die der Umgebung übertrifft, so
allmälige Abkühlung sehr die Genauigkeit der fein
gen. Inzwischen giebt schon Fourcroy[1] an, d
stehn des Ochsenblutes 5° Wärme erzeugt habe.
gelangte durch seine Versuche mit Blute von eine
einem gleichen Resultate; am entscheidensten aber
fahrungen von Gordon[3]. Als das Blut aus der
Hundes, in einem Becher aufgefangen, an der O
coaguliren anfing, wurde mit einem empfindlichen
ter jedesmal eine Minute lang zuerst die Temperatu
coagulirenden und dann des untern Theiles gem
Temperatur des Zimmers war 7°,8 C. Im obern T
das Thermometer 34°, im untern sank es bis 30°,5
die Höhe gehoben stieg es bis 33°,5 und sank unt
abermals in die Höhe gehoben stieg es bis 32° un
ten bis 28°,8; bei der nächsten Erhebung stieg es
ging unten bis 28°,5 herab. Nach 18,5 Minute
Auffangen des Blutes zeigte es oben 25°,5, unten
dann in 2 Minuten auch oben bis 24° herab, und
aus coagulirten Blute war die Temperatur überall

1 Annales de Chimie. T. VII. p. 147.
2 Treatise on blood cet. 4. p. 47.
3 Annals of Philos. T. IV. p. 189.

Digitized by Google

spätern Versuche, als Gordon Venenblut eines an
onie Leidenden Mannes in einem länglichen Glase aufge-
hatte, zeigte nach mehrern Minuten, als oben ein Coa-
gebildet war, das mit seiner Kugel den Boden des Gla-
rührende Thermometer 22°,8 C., stieg aber sofort auf
, als die Kugel in das Coagulum gehoben wurde, und
an die erste Stelle zurückgebracht wieder bis 22°,8 zu-

(11) Dafs die *Compression der Gase* nicht blofs Wärme,
n sogar Hitze bis zum Erglühen erzeuge, ist gegenwär-
e ganz bekannte Sache, indefs scheint Dalton[2] der
gewesen zu seyn, welcher diese Erscheinung einer nä-
Untersuchung unterwarf; wenigstens finde ich diese Wär-
elle von dem fleifsigen Sammler Gehler nicht angege-
Dalton dagegen bewies nicht blofs die Erhöhung der
eratur durch Compression der Luft, sondern auch ihre
nderung durch Verdünnung derselben, welches beides
war früher wohl wahrgenommen, aber für eine Folge des
lichen Luftdruckes auf das Thermometer gehalten hatte.
sten entscheidenden Versuche des englischen Gelehrten,
ausführlicher mitzutheilen jetzt überflüssig seyn würde,
n sehr bald andere bestätigende herbei. Dahin gehören
nteressanten von de la Rive und Marcet[4]. Läfst man
ach gegen ein empfindliches Thermometer in einem gro-
luftleeren Recipienten durch ein feines Rohr Luft strömen,
ikt dasselbe, bis die Elasticität der Luft 4 Zoll Barome-
e erreicht, bleibt dann stationär, bis zu 6 Z. Barometer-
und steigt demnächst bedeutend. Die Wirkung ist der
necapacität und dem Grade der Compression der hinein-
enen Luft proportional, auch kann man leicht eine grö-
Kälte hierdurch hervorbringen, wenn man die hineinge-
e Luft allezeit wieder wegschafft. Die Ursache liegt of-

Von sonstigen Wärmeentbindungen dieser Art wird im Ab-
t *latente Wärme* weiter die Rede seyn.

Mem. of the Soc. of Manchester. T. V. p. 515. G. XIV. 101.
Schon Boerhave in Elem. Chem. T. II. p. 480 sagt, die zu-
ngedrückte Luft gebe Wärme von sich, wie ein nasser Schwamm
Wasser. Es ist mir aber nicht bekannt, dafs man später dieses
ien weiter verfolgt habe.

Bibl. univ. T. XXII. p. 276.

Digitized by Google

fenbar darin, dafs die anfangs hineingelassene Luft sich dehnt und hierzu Wärme bedarf. Auch Tillochⁱ wahr, dafs durch beträchtliche Zusammendrückung der Wärme und durch ihre Verdünnung Kälte erzeugt Gay-Lussac[2] benutzte nach Dalton's Aeufserung die durch erzeugte Erhöhung und Verminderung der Tem bei seiner classischen Untersuchung der Wärmecapacit Luft unter verschiedenem Drucke, das Problem der Wä zeugung durch Compression aber wurde bedeutend erweit unerwartet weit über die erforderliche Grenze hinaus b durch die Erfindung des *Tachopyrion* oder *pneumat Feuerzeugs*, wovon bereits oben[3] ausführlicher die Re Es möge daher hier nur nachträglich bemerkt werden, d sogenannten *briquets pneumatiques* zuerst durch Dumotie lang und von 2 Lin. innerem Durchmesser verfertigt wu Le Bouvier-Desmortier aber verfertigte sie aus Glas, entdeckte dann den Nebel, welcher in denselben beim s len Comprimiren der Luft entsteht und den er für freien mestoff hält[5]. Als er nachher fand, dafs die Luft durch kes Comprimiren ohne Schwamm und unter Wasser, u gen das Entweichen eines Theiles derselben gesichert an Volumen verringert werde, glaubte er hierin eine Be gung seiner Hypothese vom Entweichen der Wärme d den[6]. Nach Thénard's[7] Versuchen wird jede Gasart im chopyrion durch Comprimiren erhitzt, und die erzeugte W übersteigt 205° C., das Leuchten aber, welches blofs be wesenheit von Sauerstoffgas oder Chlor statt findet, hält eine Folge davon, dafs sich etwas Wasser und Salzsäu

---

1 Philos. Magaz. T. VIII. p. 216.

2 Mém. de Phys. et Chim. de la Soc. d'Arcueil. T. I. Gehlen N. Journ. Th. VI. S. 392.

3 S. Art. *Feuerzeug*. Bd. IV. S. 232. Mollet machte dasse J. 1803 zu Paris bekannt, s. Journ. de Phys. T. LVIII. p. 457, behauptet Pictet in Bibl. brit. 1803. Juli p. 331, dafs ein ge Fletcher in England schon anderthalb Jahre früher durch Co sion der Luft Entzündung hervorgebracht habe.

4 Journ. de Phys. T. LXII. p. 189.

5 Ebendaselbst T. LXVII. p. 130.

6 Ebend. T. LXVIII.

7 Ann. de Chim. et Phys. T V. p. 181.

Digitized by Google

und es soll daher selbst bei Anwesenheit von Sauerstoffgas
iben, wenn der Embolus sehr nafs ist. Holz und Papier
nden sich über 252° C., wenn die Compression so stark
dafs die Luft 260 Centimeter Quecksilberhöhe zu tragen
ig, und diefs ist nach ihm eine Folge davon, dafs sich das
stoffgas oder Chlor (letzteres nur mit Papier, welches
s weniges Oel enthält) mit der verbrennlichen Substanz
den kann.

112) Die starke Erwärmung durch Luftcompression hat
verschiedentlich zur Erklärung der Hitze benutzt, welche
Meteorsteine bei ihrem Eintritt in die Atmosphäre aus der
rimirten Luft annehmen sollen, inzwischen ist die Unhaltbar-
dieser Hypothese bereits nachgewiesen worden[1]. Auch die
n der Alten[2], worin vom Erhitzen des geschleuderten Bleies
ede ist, die durch Biot und Prevost aufgesucht worden
, dürfen als Erzeugnisse der dichterischen Phantasie wohl
zu Beweisen physikalischer Thatsachen dienen. Auffal-
ufs dabei, dafs allezeit nur von Blei, nie aber von an-
geworfenen Körpern die Rede ist. Uebrigens wollen
nzeugen beim Aufschlagen der Kanonenkugeln, namentlich
ürren Boden, aufsteigenden Rauch und eine Verkohlung
getroffenen Grases wahrgenommen haben, was man aller-
s von der Compression der Luft, wo nicht der vegetabili-
n Substanzen selbst, ableiten könnte, allein zuvor müfste
die Thatsache genau constatirt seyn, da der vermeintliche
h wohl Staub und die Verkohlung blofs eine Schwärzung
die Kugel gewesen seyn könnten. Die Angaben des
ain Legentil[4] endlich, welcher in Aegypten abgeschos-
Kugeln gesehn zu haben behauptet, die durch den Luft-
nicht blofs erhitzt, sondern sogar dem Schmelzen nahe
ht waren, müssen bis zu anderweitiger Bestätigung auf
beruhn.

Leslie's Versuche, diejenige Wärme zu finden, wel-
durch Compression der Gasarten entbunden wird, geben zwar

---

1 S. Art. *Meteorstein.* Bd. VI. S. 2148.

2 Lucretius de rer. nat. L. VI. v. 177 u. 805. Ovidius Metam.
v. 11. L. XIV. v. 7. Virgilius Aen. L. IX. v. 586.

3 G. XVIII. 249.

4 Bibliothèque britannique T. XXXIII. p. 336.

Digitized by Google

keine absolute Entscheidung dieser schwierigen Frage, nen aber dennoch nicht unbeachtet zu bleiben. Er h lich in einem Ballon ein empfindliches Thermometer antlirte, bis die Dichtigkeit der Luft noch 0,8, 0,6, der äufsern betrug, liefs die Luft dann einströmen, b die Grade, um welche das Thermometer stieg, und aus, dafs die Zunahme der Temperatur = y allgem die Formel $y = 45° \left(\frac{1}{d} - d\right)$ in Graden der Fahre Scale ausgedrückt werden kann, wenn d den Grad tigkeit der Luft, die der äufsern = 1 gesetzt, bezeic noch besser $y = 45° x \left(\frac{2-x}{1-x}\right)$, wenn $1 - d = x$

113) Wenn durch Verdichtung der Luft Wärm wird, so veranlafst dieses zu dem Schlusse, dafs die nung derselben Kälte zur Folge haben müsse. Die bestätigt dieses vollkommen, obgleich ich die Aeufs Gay-Lussac[2], dafs eine fünffache Verdichtung der C. Wärme erzeuge, eine gleich starke Verdünnung da so viele Kältegrade hervorrufen müsse, weder durch noch durch Erfahrung begründet finden kann. Schon nahm bei seinen erwähnten Versuchen beide einander gesetzte Erscheinungen wahr, und auf gleiche Weise spätere Experimentatoren mit feinen Quecksilberther ähnliche Resultate; am auffallendsten aber zeigt sich scheinung bei der Anwendung eines Breguet'schen M mometers, weil die Menge der in der dünnen schrau gewundenen Lamelle der drei Metalle enthaltenen W ausnehmend gering ist und daher von der sich ausd Luft schnell absorbirt wird. Stellt man ein solches meter unter die Campane einer schnell exantlirend pumpe, und sorgt dafür, dafs die Verdünnung in gleicher Zeit folgt, als die Luft nachher wieder so geht das Thermometer vorzüglich gleich anfangs, Verdünnung am schnellsten bewerkstelligt wird, auf deutenden Grad der Kälte, und kehrt, wenn die Ve langsamer erfolgt oder man mit dem Exantliren aufhö

1 Ann. of Phil. XIV. 17.
2 Ann. de Chim. et Phys. T. IX. p. 305.

Digitized by Google

zum ursprünglichen Stande zurück; läfst man hierauf Luft strömen, so giebt der Zeiger auf der andern Seite wieder gefahr ebenso viel oder zuweilen noch mehr Wärme an. ollte man aus diesem Versuche und aus theoretischen Grün- n folgern, dafs gleich starke Verdichtungen und Verdünnun- n der Luft gleich grofse Wärmemengen zu erzeugen und zu nden vermöchten, so dürfte dieses durch die Erfahrung nicht stätigt werden. Man darf wohl mit Sicherheit annehmen, fs eine gehörig schnelle 18fache oder auch nur 12fache Ver- chtung der Luft hinreiche, um Schwamm zu entzünden[1], d da hierzu im genäherten Werthe gegen 300° C. Wärme rderlich sind, so müfste eine gleich starke Verdünnung eine unter den gewöhnlich angenommenen absoluten Nullpunct rabgehende Kälte erzeugen[2], allein es ist mir nie gelungen, asser im Tachopyrion durch schnelles Aufziehn des Embolus frieren zu machen. Dieses erklärt sich leicht daraus, dafs ch eine noch so kleine Quantität Wasser beim Gefrieren eine öfsere Menge Wärme hergeben würde, als erforderlich wäre, e geringe Menge der ausgedehnten Luft auf eine Temperatur er dem Gefrierpuncte zu bringen.

114) Ein anderer interessanter Apparat zeigt aber sehr auf- llend, was für eine unerwartet grofse Menge Wärme durch ie Ausdehnung der Luft absorbirt werde[3]. Nimmt man ein

---

1 S. Art. *Feuerzeug*. Bd. IV. S. 238. Vergl. Nicholson's Journ. IV. p. 280. T. IX. p. 302.

2 Vergl. Navier in Ann. de Chim. et Phys. T. XVIII. p. 372.

3 Vergl. Hachette in Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 84. oggendorff's Ann. X. 265. Pictet will auch bemerkt haben, dafs ein asserтropfen an einem Rohre, aus welchem die vermittelst einer wöhnlichen Luftpumpe comprimirte Luft entweicht, zu Eis gefriert. Journ. de Phys. T. XLVII. p. 186. Scherer's Journ. Ht. XVI. S. 1. Doch dürfte das Gelingen dieses Versuches sehr unsicher seyn. aswin schlofs aus der beträchtlichen, durch Verdunstung erzeugten älte, dafs blofse Luftverdünnung ein Thermometer zum Sinken brin- n müsse. Durch Versuche fand er, dafs Luft aus einer Windbüchse haltend gegen eine Thermometerkugel strömend das Thermometer n einige Grade sinken mache, auch gewahrte er einen gleichen Er- lg, wenn Luft in einen exantlirten Recipienten einströmte, und er gerte hieraus, dafs die aufsteigende und dadurch verdünnte Luft ie Kälte auf hohen Bergen erzeuge. S. Phil. Trans. T. LXXVIII. p. 3. Gren Journ. Th. I. S. 73. Gren dagegen war der Ansicht, die

Digitized by Google

cylindrisches Gefäfs aus fast 1 Lin. dickem Eisenblech l
löthet und mit zwei nahe halbkugelförmigen Enden,
es mit einem Hahn und preſst mittelst einer Compr
pumpe Luft bis zur dreifachen atmosphärischen Dichtigk
darüber hinein, so erzeugt die Ausströmung derselben n
Oeffnen des Hahns nicht blofs merkliche Kälte, sond
mag auch, wenn der Behälter hinlänglich grofs ist, al
6 Zoll Durchmesser bei 18 Zoll Höhe hat, Wasser zu
frieren zu bringen. Für diesen Zweck darf nach mein
fahrungen die Oeffnung im Hahn nicht zu klein, nicl
0,5 Lin. im Durchmesser seyn, dann aber tritt die Eis
unfehlbar ein, wenn man einen Spahn, an dessen Ende
in Wasser getränkter Wulst Baumwolle befindet, vor di
nung hält; auch bemerkt man, wenn sich in der Röh
Hahns etwas Wasser befindet oder die Luft im Inne
fencht ist, dafs kleine Eisstückchen aus der Oeffnung
Dasselbe Phänomen zeigt sich in sehr vergröfsertem
stabe bei der bekannten Wasserhebungsmaschine zu Sc
in Ungarn[1], wenn nach der Ausleerung des Wassers d
Emporpressen desselben dienende sehr comprimirte Lu
weicht. Hält man in den Strom dieser sich stark ausd
den Luft ein nasses Stück Zeug, so gefriert es sogleich,
fliegen Eisstückchen, die aus der Feuchtigkeit im Roh
zeugt sind, mit grofser Gewalt heraus[2].

115) Da durch Compression der Luft Wärme erzeu
so fragt sich, ob diese nämliche Wirkung auch dann e
wenn die aus einem Blasebalge strömende Luft gegen
Thermometer stöfst. Pictet[3] behauptet dieses, und e
sogar durch einen solchen Strom verdichteter Luft ein S
des Thermometers von 18° bis 33° wahrgenommen habe
zwischen haben andere Versuche dieses nicht bestätigt,
geht vielmehr aus den zahlreichen, durch Gay-Lussa
Welter angestellten hervor[4], dafs gar keine oder nur ein

Bindung und Entbindung der Wärme durch Verdünnung und V
tung der Luft sey blofs Folge der expandirten und präcipitirten
serdämpfe. S. dessen Journal Th. III. S. 197.

1 S. Art. *Pumpe*. Bd. VII. S. 976.

2 S. Journ. de Phys. T. XLVIII. p. 166.

3 Bibliothèque britannique T. XXXIII. p. 331.

4 Annales de Chim. et Phys. T. XIX. p. 436.

Digitized by Google

liche Temperaturveränderung durch dieses Mittel hervor-
t wird, weil die Zusammendrückung der Luft Wärme
, ihre Ausdehnung aber Kälte, und beide hierbei ver-
ntgegengesetzte Wirkungen einander aufheben. Daher
Leitung der Wärme bei der Schemnitzer Maschine so
weil die langsam comprimirte, dann nach einem Zeit-
ausströmende Luft im Ganzen sich so bedeutend aus-
die Blasen aus dem Windkessel der Dampfmaschine zu
, in welchem die Luft stets durch den Druck von 2,6
comprimirt wird und sich sofort wieder aus-
dagegen keine Temperaturveränderung hervor[1].

(16) Die Erklärung aller dieser Phänomene ist nicht
, auch sind im Ganzen alle Physiker hierüber ein-
[2]. Wird die Kraft des repulsiv in den Gasarten
Wärmestoffes durch mechanische Gewalt überwun-
die Attraction der Molecüle dagegen durch ihre gröfsere
verstärkt, so mufs Wärme ausgeschieden werden;
Veränderung des äufsern Druckes dagegen entfernen
Molecüle weiter von einander, die Attractionskraft
wächer und die Wärmeatome haben leichtern Zutritt,
mufs zur Herstellung des stabilen Gleichgewichts
werden, weswegen die so verdünnten Gasarten den
Wärme entziehn. Dafs aber durch Verdünnung
nicht gleiche Mengen Wärme absorbirt, als durch
frei gemacht werden, scheint nicht blofs nicht
zu erklären, sondern liegt sogar in der Natur der Sa-
Die aus den comprimirten Körpern ausgeschiedene Wär-
in ihnen einmal vorhanden und wirft sich auf die ihr
dargebotenen Substanzen, die von den expandirten
mende dagegen mufs den umgebenden Körpern, durch
festgehalten wird, entzogen werden, wozu einige Zeit
lich ist, während welcher sie von allen Seiten herzu-
Aufserdem aber ist Grund vorhanden zu vermuthen,
durch Compression frei gewordene Wärme in Undu-
geräth und demnach stärkere Wirkungen äufsert, als
Quantität angemessen ist; wenigstens führen zu diesem

[1] Hachette in Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 54. G. XII. 300.

[2] Vergl. Thomson's System of Chimistry. T. I. p. 150.

Digitized by Google

Schlusse die Versuche von Le Bouvier Desmortiers[1], welcher einen Lichtschein im gläsernen Tachopyrion wahrnahm, einen Funken aber nur dann, wenn sich ein entzündlicher Körper darin befand. Weil man nun diese Undulationen nicht mit in Rechnung nehmen kann, die den theoretischen Bestimmungen der Wärmemengen, die durch Compression frei, durch Expansion aber gebunden werden, zum Grunde liegenden Versuche aber nur mit geringen und langsam bewerkstelligten Verdichtungen und Verdünnungen angestellt wurden, bei denen diese vibratorische Bewegung nicht eintritt oder zu bald aufhört, als dafs sie einen mefsbaren Effect hervorbringen könnte, so dürfte hierin der Grund liegen, warum die Resultate der theoretischen Untersuchungen über die Menge der durch Compression frei gemachten, durch Expansion dagegen gebundenen Wärme mit der Erfahrung nicht übereinstimmen und deren Prüfung daher hier besser übergangen wird[2].

3) Wärmeerzeugung durch Verdichtung, durch Vereinigung und chemische Verbindung heterogener Körper.

117) Dafs durch die Verbindung verschiedener Körper Wärme entbunden wird, die nicht selten sehr bedeutend ist und oft sogar bis zum Erglühen steigt, wufste man seit den ältesten Zeiten; auch kommen diese Erscheinungen in so zahlloser Menge vor, dafs man sie als allgemein bekannt betrachten darf. Fassen wir aber das Gemeinsame aller dieser Erscheinungen zusammen, so kommen sie alle darauf zurück, dafs heterogene Substanzen sich mit einander verbinden, ihre Molecüle dadurch eine andere Lage annehmen, mithin in ein anderes Verhältnifs zu den Atomen des Wärmestoffes kommen und diese daher aus ihrem bestehenden stabilen Gleichgewichte mit der Attractivkraft gesetzt werden. Im Ganzen darf man nach theoretischen Gründen annehmen, dafs die Molecüle eines gegebenen Körpers sich nicht trennen und mit denen eines andern Körpers sich nicht verbinden würden, wenn letztere sich

1 Journ. de Phys. 1809. Mai. G. XXXIII. 228.

2 Vergl. Ivory in Phil. Mag. and Ann. T. I. p. 89 u. 165. Merle in Edinb. New Phil. Journ. N. V. p. 149 u. a. a. O.

Digitized by Google

ht durch eine überwiegende Kraft anzögen, wovon dann
e Verdichtung und Ausscheidung des repulsiven Wärme-
fes nothwendige Folge seyn mufs. Eben dieser Erfolg mufs
ch statt finden, wenn verbundene Körper sich trennen, selbst
ne neue Verbindungen einzugehn; allein eine Trennung in
ifache Bestandtheile kann der Natur der Sache nach nicht
ll statt finden ohne die Mitwirkung anderweitiger beson-
rer Ursachen, deren modificirender Einfluſs daher besondere
rücksichtigung verdient. Endlich darf man theoretisch an-
hmen, dafs die Wärmeentbindung um so viel stärker seyn wird,
nergischer sich die Körper mit einander verbinden, und je
ßer ihre Verdichtung ist. Alle diese aus der aufgestellten
d allen Erscheinungen anzupassenden Theorie folgenden Sätze
den sich in der Erfahrung bestätigt, es ist aber sehr natür-
ch, dafs die zahllosen Phänomene, welche zu dieser Classe
hören, mannigfaltige Verschiedenheiten zeigen müssen, die
ch besondere Modificationen des allgemeinen Erklärungsprin-
es erfordern, ohne jedoch mit demselben im Widerspruch
stehn. Ob wirklich ein solcher Widerspruch nirgend vor-
nden sey, verdient vorzügliche Beachtung, sobald es sich
n eine ernstliche Prüfung der Theorie handelt; inzwischen
rd der Verfolg der Untersuchung zeigen, dafs dieses keines-
wegs der schwierigste Theil der Aufgabe sey, da es vielmehr
weit schwerer ist, die zahllosen Phänomene nach ihren Ei-
genthümlichkeiten in einzelne Classen zu ordnen und die zu-
sammengehörigen richtig zu vereinigen. Man könnte auch
s Verhalten der Wärme beim Gestehn, Gefrieren und Kry-
llisiren der Körper mit zu dieser Classe rechnen, da aber
avon in einem besondern Abschnitte die Rede seyn wird, so
nnen sie hier füglich übergangen werden.

Wenn die Molecüle der Körper oder ihre Partikeln eine
ue Verbindung mit oder ohne gleichzeitige Trennung ein-
hn, so geschieht dieses allezeit durch die Wirkung der At-
ractionskraft, man nennt diese aber in denjenigen Fällen
hemische Kraft, wenn die entstandene Verbindung so genau
t, dafs sie nur durch eine ähnliche und gleichartig wirkende
raft wieder getrennt werden kann. Da aber der Scharfsinn
r geübtesten Chemiker die Grenze zwischen sogenannten
engungen und chemischen Verbindungen bis jetzt kaum oder
och nicht scharf zu bestimmen vermochte, so wird dieser

Digitized by Google

Unterschied hier billig vernachlässigt und allgemein v
Wärmephänomenen bei Verbindungen gehandelt, ja m
wohl unbedenklich, eine scharfe Grenze als nicht ex
vorausgesetzt, sobald nur die Molecüle oder die kleinst
tikeln der Körper, nicht aber gröfsere Theile oder
derselben sich verbinden, alle diese Erscheinungen der
halber unter den gemeinsamen Ausdruck der *Wärmeerz*
durch Chemismus zusammenfassen.

118) Eine Reihe höchst merkwürdiger Versuche ü
Erzeugung der Wärme durch das Eindringen von Flüs
ten in lockere Körper der verschiedensten Art hat Por
bekannt gemacht. Er bediente sich hierzu sehr feiner
mometer, welche die geringsten Wärmeveränderungen
ben, doch erhielt er zuweilen Temperaturerhöhungen
bis 7°, ja sogar bis 10° C. Der Erfolg findet statt
Aufnahme von Wasser, Alkohol, den verschiedenen
Essigäther u. s. w., doch geben nicht alle lockere Kör
allen Flüssigkeiten gleich grofse Wärmemengen, dagegen
läfst sich behaupten, dafs alle Körper durch Flüssigkeit
leicht in sie eindringen, eine Erhöhung der Temperatur
ren. Mit gepulverten Metallen, Metalloxyden und Mi
der verschiedensten Art, ebenso mit organischen Körpe
Holz, Rinden, Wurzeln, Früchten, verschiedenartigen
nern, Schwamm, Seide, Haaren, Wolle, Elfenbein, S
Membranen u. s. w., welche alle Wasser in sich aufn
hat er die Versuche angestellt, und dabei zugleich n
Erfahrung gemacht, dafs die organischen Körper mehr e
werden, als die unorganischen, was er sehr richtig a
Folge gröfserer Feinheit ihrer Theilchen betrachtet. Au
der ist dagegen, dafs die nämlichen Körper, z. B. S
ungefähr ebenso viel Wärme entwickeln, sie mögen W
Oel, Alkohol oder Essigäther verschlucken. Nach diese
sultaten ist wohl nicht zu bezweifeln, dafs die schon
durch FARADAY[2] wahrgenommenen Erscheinungen gle
unter diese Classe gehören. Er hielt eine Thermomete
in Wasserdämpfe, worin sie bleibend 100° C. zeigte; s

1 Annales de Chim. et Phys. T. XX. p. 141. Bulletin des
ces 1822. G. LXXIII. 336.

2 Annales de Chimie. T. XX. p. 329.

Digitized by Google

über etwas pulverisirten Salmiak auf die Kugel, so stieg die Wärme sofort auf 110° C., und eine gleiche Vermehrung fand statt, wenn die Kugel in Leinen oder Flanell gehüllt war, worauf man vorher verschiedene Salze, Alkalien, Zucker u. s. w. in Pulverform gestreuet hatte.

119) Viele Erscheinungen einer bedeutenden Wärmeentwickelung durch feste Körper in Folge der Aufnahme von Wasser und sonstigen Flüssigkeiten, insbesondere von Säuren, kennt man seit den ältesten Zeiten, ohne sie jedoch aus der hier aufgestellten allgemeinen Ursache abzuleiten. Vor allen diesen gehört hierher die Erhitzung des gebrannten Kalkes beim Löschen, welche bis zum Glühen steigt, so dafs sie Entzündung des Schiefspulvers bewirkt[1]. Wenn man nach einer Angabe von Göbel[2] etwa 0,5 Unze gebrannten salinischen Kalkes in einer Schale mit einem feinen Wasserstrahle benetzt, so erfolgt hellrothes Erglühn der Masse. Ehemals leitete man dieses auf eine seltsame Weise davon ab, dafs der Kalk beim Brennen Feuer in sich aufnehme und dieses durch Wasser ausgeschieden werde, und brachte überhaupt dieses Phänomen mit dem Verhalten des Phlogistons in Verbindung, allein die Ursache liegt einfach in der begierigen Verschluckung des Wassers, da der Kalk beim Brennen sein Krystallwasser verliert, welches in solcher Menge in ihm vorhanden ist, dafs es den Einschlufs der gleichfalls entweichenden Kohlensäure nahe zu seines Gewichtes beträgt. Benetzt man den gebrannten Kalk mit Salpetersäure oder noch besser mit Schwefelsäure, so ist die Erhitzung ungleich stärker, weil die Anziehung zu diesen Flüssigkeiten gröfser ist. Frisch geglühte Magnesia mit etwas Schwefelsäure benetzt zeigt sogleich glühende Stellen; hat die Magnesia Kohlensäure aufgenommen, so wird diese ausgeschieden und der Versuch geräth weniger gut oder gar nicht. Hierzu dürfte auch eine merkwürdige Erscheinung zu rechnen seyn, welche Berzelius[3] wahrgenommen hat. Wenn nämlich einige von den spiefsglanzsauren Metallen, z. B. die von Nickel-, Kobalt-, Kupfer- und Manganoxyd, erhitzt, so geben sie anfangs ihr Krystallwasser her, dann aber, wenn sie zum

1 Vergl. Berzelius Jahresbericht. Th. XI. S. 122.
2 Schweigger's Journal Th. LVIII. S. 288.
3 G. XLII. 295.

Digitized by Google

vollen Rothglühn oder anfangenden Weifsglühn geh
sind, entzünden sie sich, und verglimmen mit grofser L
tigkeit während einer oder einiger weniger Secunden.
Metalle dann schon auf der höchsten Stufe der Oxydati
ren und die Erscheinung auch ohne Zutritt der Luft sich
so kann sie nicht als ein Verbrennen betrachtet werden
kann also nicht wohl für etwas anderes, als eine Fol
Wärmeentwickelung durch Verdichtung gelten, was d
wahrscheinlich wird, dafs die Metallsalze an Gewicht
zunehmen noch abnehmen, wohl aber ihre Farbe fast g
verlieren und in Säuren so gut wie unlöslich sind, st
sie vorher mit Hinterlassung von Spiefsglanzsäure leic
legt werden.

120) Werden Flüssigkeiten, die sich leicht und inn
binden, mit einander gemischt, so erleiden sie im Gan
Verminderung ihres Volumens und entbinden Wärme,
Weingeist und Wasser, Säuren und Wasser, Oelen u
ren u. s. w. der Fall ist, wobei um so gröfsere Wär
wird, je energischer, bis zur eigentlichen chemischen U
lung, sie sich verbinden. Eigentliche Versuche hierü
vorzüglich mit Weingeist und Wasser angestellt worden
wohl durch G. G. Schmidt[1] in der Absicht, um das Ve
der Verdichtung zur Menge der frei werdenden Wär
zumitteln. Die Resultate seiner Versuche sind in f
Tabelle enthalten, worin D und d die beobachteten
berechneten Dichtigkeiten ⊿d die in Tausendsteln aus
ten Aenderungen der Dichtigkeiten, und ⊿t die Erh
der Temperatur in Centesimalgraden bezeichnen; das s
wicht des Weingeistes war 0,8894.

Weingeist	Wasser	D	d	⊿d	⊿t
4 Theile	1 Theil	0,9195	0,9095	10,9	3°,62
3 —	1 —	0,9280	0,9147	14,3	3,75
2 —	1 —	0,9380	0,9234	15,6	5,00
1 —	1 —	0,9570	0,9414	16,3	6,25
1 —	2 —	0,9720	0,9602	12,1	6,00
1 —	3 —	0,9785	0,9698	8,4	5,34
1 —	4 —	0,9820	0,9757	6,4	4,70
1 —	5 —	0,9860	0,9797	6,4	4,00

1 Gren N. Journ. Th. I. S. 192.

Digitized by Google

Bestimmung der Dichtigkeiten geschah vor und nach der ...ung bei der nämlichen Temperatur von 15° R. und die ...ität = δ, welche die Mischung ohne Aenderung des ...umens hätte haben müssen, wurde nach der Formel

$$\delta = \frac{M+m}{\frac{M}{D}+\frac{m}{d}} = \frac{(M+m)\,D\,d}{d\,M+D\,m}$$

..., worin M und m die Massen, D und d die Dichtig... bezeichnen. Man sieht hieraus, dafs die Zunahme der ...ität am gröfsten bei gleichen Mengen ist und dann ...den Seiten hin abnimmt, allein hierauf ist keine all... Folgerung zu gründen, weil der gebrauchte Alkohol ...halter war. Bei allen diesen Mischungen fand aber ...erung der Dichtigkeit statt, und hierin könnte also ...che der Wärmeentbindung gesucht werden.

...Aehnliche Versuche von Thillaye[1] führten zu Re..., welche etwas Auffallendes zu haben scheinen, doch ist ...ersehn, dafs sie mit viel weniger absolutem Alko... erhalten wurden, als die oben erwähnten. Bei der ersten ...che war das spec. Gewicht des Alkohol 0,9544 bei ... und mit Beibehaltung der eben gebrauchten Bezeich... mit dem Unterschiede, dafs Δd nicht in Tausendsteln ..., wurden folgende Gröfsen gefunden.

Weingeist	Wasser	D	d	Δd
9 Theile	1 Theile	0,9598	0,9590	+ 8
8 —	2 —	0,9646	0,9635	11
7 —	3 —	0,9690	0,9681	9
6 —	4 —	0,9731	0,9725	6
5 —	5 —	0,9768	0,9772	— 4
4 —	6 —	0,9807	0,9818	11
3 —	7 —	0,9850	0,9863	13
2 —	8 —	0,9890	0,9904	14
1 —	9 —	0,9943	0,9954	11

...ei einer zweiten Versuchsreihe war das spec. Gewicht ...eingeistes 0,9600 und die Resultate folgende:

[1] Journal des Mines 1811. T. XXIX. G. XLVI. 194.

Digitized by Google

Weingeist	Wasser	D	d	Δd
9 Theile	1 Theile	0,9648	0,9640	+ 8
8 —	2 —	0,9689	0,9680	9
7 —	3 —	0,9724	0,9720	4
6 —	4 —	0,9760	0,9760	0
5 —	5 —	0,9792	0,9800	— 8
4 —	6 —	0,9828	0,9840	12
3 —	7 —	0,9867	0,9880	13
2 —	8 —	0,9907	0,9920	13
1 —	9 —	0,9950	0,9960	10

Das Auffallende hierbei ist, dafs mit der Zunahme der Me des Wassers Raumvermehrung statt Verminderung eintrat, zwar früher, wenn der Weingeist minder rein war, ja in dern Versuchen mit Alkohol von 0,9688 und 0,9750 Gewichte fand gar keine Verdichtung, sondern blofs Ra vermehrung statt. Genau genommen steht dieses mit den G. G. Schmidt erhaltenen Resultaten nicht im absoluten derstreite, denn auch in dessen Versuchen nahm die Ver rung der Dichtigkeit ab, wenn mehr Wasser und weniger kohol vereinigt wurden, und zwar in einer starken Progressi dafs sich ein Uebergang zum Negativen denken läfst. Auffall dagegen ist, dafs selbst bei Vergröfserung des Volumens noch Wärme entbunden worden seyn soll, weswegen auch die R tigkeit dieses Resultates mehrseitig in Zweifel gezogen wur

122) Neuerdings ist aber dieser Zweifel durch Rudo beseitigt worden, welcher diesen Gegenstand mit der ihm ei thümlichen Schärfe und Genauigkeit behandelt hat. Seine ei Versuche wurden mit Alkohol von 0,83991 spec. Gewich 15° C. angestellt und gaben folgende Resultate.

Versuche	Wasser	Alkohol	spec. Gew. d. Mischung	Contraction
1	36,253	136,860	0,88783	1,648
2	41,907	133,674	0,89413	1,823
3	45,070	130,205	0,89795	1,916
4	49,525	126,573	0,90314	2,056
5	55,271	124,267	0,90845	2,166
6	59,574	114,761	0,91511	2,291
7	62,137	110,138	0,91907	2,387
8	66,832	105,923	0,92375	2,430
9	72,812	102,821	0,92895	2,501
10	76,336	97,970	0,93309	2,536
11	80,217	93,832	0,93713	2,566
12	82,358	85,877	0,94187	2,569
13	91,697	80,531	0,94882	2,560
14	99,111	76,693	0,95319	2,477

1 Poggendorff's Ann. XIII. 496.

Digitized by Google

diesen mit verdünntem Alkohol erhaltenen Contractionen
n sich diejenigen berechnen, welche absoluter geben würde.
eht nämlich ein Volumen gemischten Alkohols aus einem
umen reinen Alkohols = v und einem Volumen Wasser
w, wird zu diesem ein Volumen Wasser = V gesetzt und
ist das Volumen dieser Mischung U, so findet man die be-
chtete Zusammenziehung

$$c = 100\left(\frac{u+V}{U} - 1\right).$$

totale Zusammenziehung C der Mischung ist aber

$$C = 100\left(\frac{v+w+V}{U} - 1\right),$$

die bei dem verdünnten Alkohol schon statt gefundene Con-
tion c ist

$$c = 100\left(\frac{v+w}{u} - 1\right),$$

ach also

$$C = c + c\,\frac{u}{U}.$$

den Procentgehalt der Mischung zu finden, mögen p und
ie Procentgehalte an absolutem Alkohol in der Mischung
im angewandten verdünnten Weingeist bezeichnen[1], und
erhält dann

$$p = P\,\frac{u}{U}.$$

Alkohol von 0,83991 ist die Contraction c = 2,120 und
Procentgehalt P = 88,30 und hiermit erhält man in der
en Formel

$$C = c + 2{,}120\,\frac{u}{U} \text{ und } p = 88{,}30\,\frac{u}{U}.$$

nach berechnet erhält man aus den durch die genannten
uche gefundenen Gröfsen folgende Procente und Contractio-
der Mischungen:

1 Diese Gröfsen ergeben sich aus der im Art. *Gewicht* Bd. IV.
967 befindlichen Tabelle.

Digitized by Google

Versuche	Procente	Contractionen
1	70,96	3,351
2	68,45	3,466
3	66,85	3,521
4	64,77	3,601
5	62,44	3,665
6	59,46	3,718
7	57,80	3,774
8	55,45	3,761
9	52,98	3,773
10	50,89	3,758
11	48,82	3,738
12	46,23	3,679
13	42,34	3,576
14	39,47	3,424

Man sieht hieraus, dafs die Contractionen mit den Proc des Alkohols erst wachsen und dann wieder abnehmen. das hierbei zum Grunde liegende Gesetz genauer aufzu wählt Rudberg die auch anderweitig angewandte Glei zwischen den Contractionen c und den Procenten p, wor

$$c = A + Bp + Cp^2 + Dp^3 + \ldots .$$

gesetzt wird. Für die Coefficienten wählt er die Ver 1, 5, 10, 14 und erhält hieraus die Gleichung

$$c = -17{,}427 + 22{,}1751\,p - 2{,}5381\,p^2 + 0{,}059865\,p^3$$

aus welcher zur Bestimmung des Maximums

$$\partial c = 22{,}1751\,\partial p - 5{,}0762\,\partial p^2 + 0{,}17959\,\partial p^3,$$

$$\text{und für } \frac{\partial c}{\partial p} = 0$$

$$0 = 22{,}1751 - 5{,}0762\,p + 0{,}17959\,p^2$$

wird. Die eine Wurzel dieser Gleichung ist 5,40 und c = 37,75. Die gröfste Zusammenziehung liegt hiernach 54,00 Procent und beträgt 3,775, oder 103,775 haben sich 100 zusammengezogen. Rudberg meint, das Maximum Zusammenziehung finde bei einem gewissen einfachen Ver nisse des Sauerstoffgehaltes beider Flüssigkeiten statt, wie schon Ure gezeigt habe, dafs bei den Mischungen von Sch felsäure mit Wasser die gröfste Contraction bei der Gleich der Sauerstoffmengen beider Flüssigkeiten eintrete. Sollte ses allgemein der Fall seyn, so wäre es allerdings ein be tenswerther Umstand. Der Alkohol enthält nach dem Gew 34,454 Procente Sauerstoff; die 54 Volumenprocente oder 42,

wichttheile desselben enthalten also 14,785 und die 49,77 wichttheile Wasser 44,248 Procente Sauerstoff, welches letz- e gerade das Dreifache des ersteren ist. Die gröfste Zusam- nziehung fände also zwischen 3 Atomen Wasser und 1 Atom lkohol statt, und eine solche Mischung enthält 49,836 Volu- entheile Wasser und 53,939 Volumentheile absoluten Alkohol. e angegebene Zusammenziehung gilt für 15° C. und nimmt zunehmender Wärme ab; denn nach Thalles ist die Con- tion bei 4° = 3,97, bei 17°,5 = 3,60, bei 37°,7 = 3,31, theoretisch damit zusammenhängt, dafs bei niedrigern Tem- turen die Theilchen einander näher liegen und daher die ziehungen stärker sind. Die von Thillaye beobachtete sdehnung wird hieraus einfach erklärlich. Der von ihm brauchte Weingeist hatte bei 15° ein spec. Gew. = 0,9544 d bei demselben hatte daher schon eine totale Contraction von 35 Procenten statt gefunden. Heifst diese C, die beobachtete e, Volumen dieses Weingeistes u, das der Mischung U, ist

$$e = C - 3{,}35\,\frac{u}{U}.$$

rden die von Thillaye gemachten Mischungen nach die- Tabelle berechnet, so erhält man

Wasser	Alkohol	e
1 Theil	9 Theile	+ 0,11
2 —	8 —	+ 0,10
3 —	7 —	+ 0,09
4 —	6 —	+ 0,02
5 —	5 —	— 0,04
6 —	4 —	— 0,09
7 —	3 —	— 0,14
8 —	2 —	— 0,19
9 —	1 —	— 0,10

raus die Richtigkeit der angegebenen Versuche erhellet. die auch bei Verminderung der Dichtigkeit freiwerdende me wird später die Rede seyn.

123) Sehr bekannt ist die grofse Hitze, welche bei der nigung der Säuren, namentlich der Schwefelsäure, mit Was- rzeugt wird. G. G. Schmidt[1] hat auch hierüber Ver- he angestellt, deren Resultate folgende Tabelle zeigt, worin

1 A. o. a. O.

Digitized by Google

die oberen Bezeichnungen beibehalten sind. Das spec. G des nordhäuser Vitriolöls war 1,866, der rauchenden Sä säure 1,428 und der concentrirten Salzsäure 1,181.

Vitriolöl	Wasser	D	d	Δd	Δt
1 Theil	15 Theile	1,043	1,030	12,4	13°,75
1 —	3 —	1,183	1,131	43,9	68,75
1 —	1 —	1,412	1,302	77,9	93,75
3 —	1 —	1,622	1,534	54,3	100,00
Salps.					
3 —	1 —	1,336	1,289	35,2	23,75
1 —	3 —	1,084	1,064	18,7	11,25
Salzs.					
3 —	1 —	1,132	1,130	1,8	11,25
1 —	3 —	1,042	1,040	1,9	7,50

Man ersieht hieraus, namentlich bei der Schwefels starke Erhitzung, welche zu den Quantitäten des W umgekehrten Verhältnisse steht, weswegen die bekan gilt, dafs man stets die Säure zum Wasser, nie aber u schütten mufs, weil sonst ein Theil des durch me Gewalt niederfallenden Wassers in Dampf verwandelt emporschleudert. Hess[1] fand durch eine Reihe von V dafs die Wärmeentbindung hierbei nach bestimmten nissen erfolgt. Dabei bediente er sich der Schwefels von 1 bis 6 Atome Wasser auf 1 Atom Säure enthi mischte sie mit einem Ueberschufs Wasser, führte entwickelten Wärmemengen auf gleiche Mengen wa Säure zurück, und fand, dafs die dabei entwickelten mengen nahe genau Multipla in ganzen Zahlen waren.

Auf 1 At. wasserf. S.	gefunden	berechnet	Multipl.
entwickelt			
$\dot{H}^6\ddot{S}$	43,8	43,8	2
$\dot{H}^4\ddot{S}$	67,2	65,7	3
$\dot{H}^3\ddot{S}$	93,5	87,6	4
$\dot{H}^2\ddot{S}$	132,6	131,4	6
$\dot{H}^1\ddot{S}$	222,5	217,8	10

Es liegt in der Natur der Sache, dafs das erste Atom stärker als das zweite u. s. w. angezogen wird, und fundenen Gröfsen zeigen, dafs die entwickelte Wär desto gröfser ist, je innigere Verbindung statt findet.

1 Poggendorff's Ann. XLVII. 210.

Digitized by Google

124) Eine der auffallendsten Erscheinungen von Wärmebindung bei der Mischung verschiedenartiger Flüssigkeiten ist die Verbindung von Schwefelsäure mit rauchender Salpetersäure, wenn man sie zu Terpentinöl schüttet. Schon die reine Säure allein giebt mit ätherischen und fetten Oelen verbunden starke Hitze mit Aufbrausen, einen interessanten und diese Art der Wärmeerzeugung auffallend zeigenden Versuch kann man aber anstellen, wenn man ungefähr gleiche Theile concentrirter Schwefelsäure und rauchender Salpetersäure zusammengiefst, die sich hierbei gleichfalls erhitzen, und dann diese Mischung in eine ungefähr gleiche Menge Terpentinöl schüttet, wobei es sich sogleich zu einer hellen Flamme mit dickem, schwarzem Rauche entzündet. Auch die rauchende Salpetersäure, mit den meisten ätherischen Oelen vereint, bringt für sich allein eine lebhafte Entzündung hervor, ein Phänomen, welches schon Borrichius[1] beim Terpentinöle zuerst wahrnahm, viele Andere aber, z. B. Slare[2], Beaumé[3] und Proust[4], oft mit, theils ohne Erfolg wiederholten, bis Dippel, Hoffmann und Geoffroy[5] auffanden, dafs der Versuch jederzeit gelinge, wenn man eine Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure anwende. Diese Erscheinung ist das, was man *Verbrennen* nennt, und es unterliegt keinem Zweifel, dafs alle hierzu gehörige Phänomene unter diese allgemeine Classe zu bringen sind. Diese wollen wir daher zuvor näher betrachten, ehe wir eine wichtige Frage erörtern, ob Wärmeentbindung auch bei Raumerweiterung statt finden könne.

125) Soll zuerst festgestellt werden, was man unter *Verbrennung* verstehe, so kann man sagen: Verbrennen heifst jede chemische Verbindung oder Trennung der Körper, die mit Ausscheidung von Licht und Wärme verbunden ist. Hiernach gehören also alle Verbrennungen unter die allgemeine Classe derjenigen Phänomene, bei denen Wärme durch Chemismus entbunden wird, nach genauerer Beschränkung mufs aber nicht blofs Wärme, sondern zugleich auch ein mehr oder minder

1 Acta medica et philos. Hafniensium. 1671. p. 133.
2 Phil. Trans. 1694. N. 213. T. XVIII. p. 200.
3 Manuel de Chymie. p. 340.
4 Journ. de Physique. T. XIII. p. 432.
5 Rouelle in Mém. de l'Acad. 1747. p. 34.

Digitized by Google

starkes Leuchten dabei zum Vorschein kommen. D
Natur überall keine scharfe Begrenzung statt findet,
auch die unter diese Classe gehörigen Phänomene in
nahe liegenden verwandten über, bei denen ein hoher
Wärme in Folge chemischer Verbindung frei wird,
denn auch nicht ganz mit Unrecht die Entwickelung
rischen Wärme ein langsames Verbrennen genannt
Uebersicht des Ganzen wird aber durch die gewählte
lung des Begriffes ausnehmend erleichtert. Um aber
losen Phänomene des Verbrennens noch leichter zu
wollen wir auch diese unter verschiedene Abtheilunge

a) Selbstzündungen.

126) Werden Körper mit einander vereint, we
Bedingungen des Verbrennens in sich enthalten, und w
mit grofser Energie auf einander, so erfolgt ihre En
und nachherige Verbrennung von selbst. Hierher g
alte Versuch von Lemery[1], welcher von Beaumé un
wiederholt wurde, hauptsächlich weil man die Ersch
der feuerspeienden Berge durchaus erklären wollte. In
zeigt sich dieses eigenthümliche, zur Classe der Verbr
zu rechnende, Phänomen nicht blofs bei der Vereini
Schwefels mit Eisen, sondern auch mit andern Metall
mentlich mit Kupfer. Letzteren Versuch haben Pr
Lentin wiederholt[3]. Sie nahmen 15 Gran Schwefel
Gran Kupferfeilicht, thaten das Gemenge in eine Glasr
erhitzten diese, wobei die Masse zuerst zusammensinte
sich aufblähete, und zuletzt unter Entwickelung einig
pfe in lebhaftes Glühen, jedoch ohne Flamme, geri
Zink ist die Wirkung noch gröfser und bei minderer
mit einer leicht gefährlichen Explosion verbunden[4]. E
ses ist leicht der Fall bei der bekannten Reduction des
silbers durch Eisen, wo die Explosion leicht im Aug
des Ueberganges des Schwefels an das Eisen eintri

1 Mém. de l'Acad. de Par. 1700. Vergl. *Vulcan.* S. 2278.

2 Van Mons in Gren's Journ. d. Phys. Th. VIII. S. 19.

3 Ebendaselbst S. 280.

4 Recherches physico-chimiques par MM. Deiman et III. Amst. 1794. V. Crell chem. Ann. St. XI. S. 383. St. XII.

Digitized by Google

n Gehlen[1] beim Uebertritt des Arseniks an Platin plötzli- Entbindung von leuchtender Glühhitze wahr. Wenn man enik im feuchten Zustande pulvert, so wird es beim Zutritt Luft langsam heifs und entzündet sich zuletzt[2], ein Phä- men, welches sich dem eigentlichen Verbrennen durch Sauer- ff anreihen läfst. Eine sehr alte Erfahrung ist die von ıas Higgins[3], dafs feuchtes salpetersaures Kupfer etwas leinert und in ein Stanniolblättchen gewickelt, dann etwas efst eine Entzündung bewirkt, wobei Funken umhersprü- . Die Erscheinung läfst sich auffallender, aber nicht wis- shaftlich interessanter machen, wenn man kleine Bröckchen sphor beimengt, auch theilt sich die Entzündung leicht ver- alichen Körpern, als Sägemehl u. s. w., mit, wenn man Packetchen darunter legt; die Anwesenheit von Feuchtigkeit aber nothwendige Bedingung[4].

127) Ungleich häufiger sind die von selbst sich entzün- den Mischungen, in denen sich Bestandtheile aus dem Thier- d Pflanzenreiche befinden[5]. Schon im J. 1764 ergab sich, fs zu Petersburg mehrmals Feuer da entstand, wo sich mit l begossener und dann fest gepackter Hanf befunden hatte, ch erzählt Woodman[6] ein Beispiel, dafs mit Leinöl getränktes umwollenzeug sich binnen 3 Stunden entzündete. Die Auf- erksamkeit auf diesen Gegenstand wurde aber vorzugsweise regt, als in dem auf einer Insel in der Neva gelegenen, blofs us Stein und Metall erbaueten Magazine zur Nachtzeit Feuer sbrach, ungeachtet niemand darin befindlich war und keine gangene Unvorsichtigkeit Ursache seyn konnte. Man ver- uthete, dafs mit Leinöl genäfster und eingewickelter Hanf sich tzündet habe, um so mehr, als im J. 1781 der Brand auf ner Fregatte von Bündeln einer Hängmatte, worin Kienrufs d Oel zum Anstreichen befindlich war, abgeleitet wurde[7]. ine ähnliche Ursache veranlafste im J. 1757 das Entzünden der

1 L. Gmelin Handbuch d. Chemie. Th. I. S. 1425.
2 Journ. de Pharmacie. 1827. Sept. p. 433.
3 Philos. Trans. T. LXIII. P. I. p. 137. Journ. de Phys. T. XIII. ppl. p. 221.
4 Buchner's Repertorium. Th. XLI. S. 430.
5 Vergl. Monozzo in Mém. de Turin. T. III. p. 478.
6 Philos. Trans. T. LXXXIV. p. 426.
7 Journ. de Phys. T. XX. p. 8 ff.

Digitized by Google

Segel im Arsenale zu Brest[1], die öftere Wiederkehr
Fälle zu Petersburg veranlafste aber eine nähere Unte
der Sache durch Czernischef[2], wobei sich zeigte, da
Kienrufs, auf welchem eine Stunde lang 35 R. Han
gestanden hatten, nach dem Abgiefsen des Oelfirnisses
Hängmatte eingewickelt, nach 19 Stunden Rauch u
entwickelten, welches nach dem Oeffnen einer Thür
lichte Flammen ausbrach. Aus den fortgesetzten Unte
gen von Georgi[3] ergiebt sich, dafs der russische gröb
tere und schwerere Malerrufs mit fetten trocknende
etwa 5 Stunden lang getränkt, dann in Leinwand eing
bei trocknem Wetter sich binnen 16 Stunden unfehl
zündet, wogegen bei nasser Witterung die schon b
Erhitzung wenigstens wieder aufhört. Hanf mit Han
Unschlitt begossen, dann eine Stunde im Backofen ge
und in eine erwärmte Bastmatte gewickelt, wurde
Stunde warm und entzündete sich nach drei Stunden.
verhielt sich Schafwolle und sogar ein alter wollener R
ein Pack Kuhhaare, als sie auf gleiche Weise behandel
Georgi's Versuche erstrecken sich noch ferner auf ein
anderer Substanzen, indem er fand, dafs Kleie, Mehl,
Reis, Erbsen, Bohnen, Kaffee, Sägespähne und sonstig
tabilische Substanzen, wenn sie geröstet und noch w
Leinwand fest eingewickelt sind, sich bald erhitzen u
zünden[4]. Fest zusammengelegte Packete gefirnifsten
gerathen leicht in Brand, auch wird dieses von seidenen
pfen angegeben[5], am bekanntesten aber ist die Selbstent
des feucht zusammengeballten Strohes, Heues, des Düng
sonstiger vegetabilischer und thierischer Substanzen, w
in grofsen Massen aufgehäuft sind, indem der vorhande
lenstoff um so leichter, wenn dieser Procefs durch vo
gangenes Rösten eingeleitet ist, das Wasser zersetzt u
Sauerstoff desselben aufnimmt, wobei dann die erzeugte
zuletzt bis zur Entzündung steigt, weil sie nicht ent

1 Mém. de l'Acad. de Par. 1760.
2 Acta Acad. Petrop. T. III. P. I. p. 311.
3 Neue nordische Beiträge. Th. III. S. 37. Th. IV. S. 3
4 Vergl. Buchholz in v. Crell chem. Ann. 1784. Th. I. S.
5 Aus American medic. Repository. T. V. in Biblioth.
XXVI. p. 331.

Digitized by Google

n. Eine Menge durch Versuche erhaltene und gelegentlich gebotene Erfahrungen hierüber haben Carette[1], Proust[2] Andere bekannt gemacht, auch kommen stets noch neue Erinnungen dieser Art vor[3], welche aber nur dann bekannt gemacht den, wenn sie sich durch besondere Umstände auszeichnen. hin gehört dann auch die Entzündung der Steinkohlen, wenn viel Bitumen enthalten und Feuchtigkeit Zutritt zu ihnen , doch gehört diese Erscheinung im Ganzen genommen zu seltenern[4]. Viel Aufsehen dagegen erregte die Beobachg, dafs eine gewisse Sorte *pyritösen Torfs*, welcher als warze, erdige, mehr oder minder compacte, von Eisen und wefel durchdrungene Masse im Aisne-Departement gelagert kommt, sich beim Zutritt der Luft entzündet und beim Verinnen viel schwefelsaures Eisen bildet[5]. Schätzbare Beiträge r Kenntnifs der Selbstzünder hat Sommer[6] geliefert, die sich rzüglich auf die Untersuchung beziehen, inwiefern die Sonstrahlen fähig sind, in geeigneten Substanzen eine bis zur ntzündung steigende Hitze zu erzeugen, da vielfache Erfahngen ergeben, dafs in heifsen und trocknen Jahren Feuersünste ungewöhnlich häufig vorzukommen pflegen, wobei auf den Fall die grofse Dürre als mitwirkend zu betrachten ist. rofse Aufmerksamkeit erregte der Umstand, dafs zu Königsrg im heifsen Jahre 1811 am 2. Juli sich das Moos und troh, worauf Oelfässer gelegen hatten, und am 4. Juli an eier andern Stelle gleichfalls ohne Verdacht von Bosheit oder chlässigkeit entzündeten, wie dieses auch im J. 1814 bei istmatten und bald nachher bei den Kleidern der Oelmesser r Fall war, welche stark mit Oel getränkt und zusammengeillet gelegen hatten. Sommer erhitzte daher mit Oel getränkte einwand und Flanell auf einem Dache bis zu 65° C., wickelte

1 Journ. de Phys. 1784. Nov. 1785. Août.

2 Journ. de Phys. T. XIII. Suppl. p. 432.

3 Vergl. Dingler polyt. Journ. Th. XXXV. S. 218.

4 Verschiedene Beispiele werden erzählt in Silliman Amer. Journ. T. XXXIII. p. 147. Zu Brest entzündete sich eine grofse Menge aufgehäufter Steinkohlen beim Zutritt der freien Luft. S. Duhamel in Mém. de l'Acad. 1757. p. 150.

5 S. Poiret in Journ. de Phys. T. LI. p. 292. T. LIII. p. 1. T. LV. p. 189. Im Ausz. in G. XIV. 469.

6 G. LXIII. 426.

Digitized by Google

beides fest zusammen, legte es in Stroh, welches gleichfalls Sonnenhitze ausgesetzt gewesen war, und bedeckte das G in einem Kessel befindlich, mit einem Federkissen. Unge tet im Versuchszimmer die Wärme nur 25° C. betrug, erh sich die Masse im Innern bedeutend, verbreitete einen br lichen Geruch, war am folgenden Tage im Innern verkohlt brannte nach Wegnahme des Kissens mit heller Flamme. ähnliche Weise mit Oel befeuchtete Sägespähne, in einem tunenen Sacke mit einer wollenen Decke und Stroh um nachdem dieses alles bis 44° C. in der Sonne erhitzt, zusam geballet, in einen Kessel gelegt und mit einem Federkissen bed worden war, geriethen in Brand und loderten nach Weg des zum Theil verkohlten Kissens mit Flamme auf. Als ses Pack mit Wasser gelöscht, dann aber auf eine trockne S im Garten geworfen worden und bei 24° Temperatur der Luft Mittagssonne ausgesetzt gewesen war, entzündete es sich ab mals, woraus also die Möglichkeit solcher Selbstzündungen genfällig hervorgeht.

128) Selbstzünder sind nirgend gefährlicher als in Pulv fabriken, und es war daher eine wichtige Frage, ob Kohl deren man zum Schiefspulver in beträchtlicher Menge bed so aufbewahrt, wie dieses für den gegebenen Zweck zu ge hen pflegt, sich freiwillig entzünden, um zugleich die Mit kennen zu lernen, wodurch dieses verhütet wird. Veranlass zur näheren Untersuchung der Sache gab die im Jahre 1799 der Pulverfabrik zu Essanne beobachtete, durch Robin[1] b schriebene Selbstentzündung des Kohlenpulvers im Beutelka als dieser geöffnet wurde. Zum Schiefspulver nimmt man kanntlich nur Kohlen von weichem Holze, namentlich v Faulbaum, und von dieser Art war auch das Kohlenpulver, w ches im genannten Falle sich entzündete und selbst durch gegossenes Wasser nicht gelöscht wurde, bis es mit ei Besen untergetaucht war. B. G. Sage[2] meint, das Aufsau der feuchten Luft gebe Veranlassung zu der Erhitzung, wod dann eine Zersetzung des Wassers und nachfolgende Entzü dung herbeigeführt werde; auch erzählt er von Fällen, in d nen sich aufgeschüttete grofse Massen von Kohlen von sel

1 Ann. de Chim. T. XXXV. p. 98.
2 Journ. de Phys. 1807. p. 423. G. XXIX. 98.

Digitized by Google

[illegible]. Die genauesten Untersuchungen über diesen Ge-
[illegible] hat AUBERT[1] angestellt. Hiernach nimmt die mittelst
[illegible]geln sehr fein zerriebene Kohle, welche das Aussehen
[illegible]ssigen Flüssigkeit hat, einen dreimal kleineren Raum
[illegible] in Stangen von 15 bis 16 Centim. Länge, absorbirt
[illegible] Luft und erhöht dadurch ihre Wärme bis 170° oder
[illegible] C. Hierdurch wird die Entzündung bewirkt, welche in
[illegible] ungefähr 12 bis 15 Centim. unter der Oberfläche
[illegible] und in der geringen Leitungsfähigkeit der Umgebung
[illegible]des Beförderungsmittel findet. Es muſs nothwen-
[illegible] gröſsere Masse vorhanden seyn, denn die schwarze,
[illegible]rte Kohle, die sich am leichtesten entzündet, muſs
[illegible] 30 Kilogramm betragen, wenn eine Entzündung
[illegible] soll, die um so leichter entsteht, je kürzere Zeit
[illegible] Verkohlung und Zerreibung verflieſst, weil sonst in
[illegible] Zwischenzeit schon feuchte Luft absorbirt wird;
[illegible] Zutritt der Luft überhaupt und zur Oberfläche der
[illegible]besondere ist nothwendige Bedingung. Der Zusatz
[illegible]fel und Salpeter hebt die Fähigkeit der Selbstent-
[illegible], doch ist es rathsam, dieses Gemenge nicht in zu
[illegible] Quantitäten aufzubewahren, weil die Luftabsorption
[illegible] fortdauert, die demnach dennoch eine Entzündung
[illegible] könnte. Genau hiermit übereinstimmend sind die
[illegible] und die Resultate der Versuche, welche WILLIAM
[illegible][2] gemacht hat. Aus seiner 25jährigen Praxis in der
[illegible] von Kohlen führt er einige entscheidende Erfahrun-
[illegible] die Kohlen gewiſs nicht durch rückbleibendes
[illegible], wie zuweilen gleichfalls sich ereignet, sondern durch
[illegible] innen ausgehende Erhitzung sich entzündeten, wobei
[illegible] sehr wahrscheinlich der Umstand mitwirkte, daſs die
[illegible] Kohlen theilweise zu Pulver zerrieben waren. Nach
[illegible] Versuchen erhitzten sich oberflächlich pulverisirte Koh-
[illegible] kleineren Quantitäten jederzeit, aber nicht bis zur Tem-
[illegible] des siedenden Wassers. Als aber gröſsere Haufen fein
[illegible] Kohle aufgehäuft lagen, entstand Entzündung nahe
[illegible] der Oberfläche, und bei einem Versuche trat diese ein,

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLV. p. 73. Poggendorff's Ann. [illegible]. Im Auszuge in Philos. Mag. and Ann. N. S. T. IX. p. 148.
2 London and Edinb. Philos. Mag. N. XIII. p. 1.

Digitized by Google

obgleich die ganze Masse mehrere Tage hindurch in
Haufen der Luft ausgesetzt gelegen hatte; einige T
dem Auslöschen des brennenden Theiles durch Wasser
abermals Entzündung in dem nämlichen Haufen [1]. H
sperrte Kohlenpulver unter Sauerstoffgas ab, fand ab
Absorption dieser Gasart und Erzeugung von Kohlensä

129) Unter die sich selbst entzündenden Körper
unzweifelhaft vorzugsweise die so genannten *Selbstzün*
Pyrophore. Da hierüber schon in einem eigenen Artik
handelt und darin die Ursache des Entzündens angegeben w
so wird es genügen, hier nur noch einige praktische
kungen hinzuzufügen. Der gebräuchlichste Pyrophor,
gewöhnlich zu bereiten pflegt, der sogenannte *Homb*
besteht dem Gewichte nach aus gleichen Theilen ge
Alaun, kohlensäuerlichem Kali (gereinigte Pottasche
feuchtem Zustande) und Kienrufs. Um ihn zu verferti
hitzt man Alaunkrystalle in einem geeigneten metalle
fäse, in Ermangelung eines andern auf einer Ofen
Der Alaun blähet sich stark auf, das Wasser entw
Dampfform und man erhält zuletzt eine weifse, trockn
zerreibliche Masse, welche man in ein gehörig feines
verwandelt und mit dem abgewogenen Kali und dem
hinlänglich mengt. Am besten füllt man ein Medicingl
dünnem Glase, etwa 2 bis 3 Zoll hoch und 1 bis
weit, mit diesem Pulver zu $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ voll, setzt dieses
Schmelztiegel und umgiebt es mit trocknem Sande
Mündung, setzt diesen Tiegel in einen Windofen und
ihn allmälig zum Glühen, welches man eine gehörige Z
terhalten mufs. Geschähe dieses allzulange, so würde d
haltene Kohle gänzlich verbrennen und das Product unbr
seyn, doch ist dieses nicht leicht zu fürchten; meistens
geneigt, es zu früh zu unterbrechen, in welchem Falle d
rophor sich nicht entzündet. Meistens steigt anfangs etwas
aus der Mündung des Glases, verschwindet aber, we
Glühen vollständig statt findet. Von dieser Zeit an mu

1 Ueber die Entzündung der Kohle durch Reiben ist obe
geredet worden, da diese Erscheinung einer andern Classe zuge

2 S. Art. *Pyrophor*. Bd. VII. S. 1014.

3 Fürchtet man das Zerspringen des Glases, so thut au
kleiner irdener Krug gute Dienste.

Digitized by Google

ten, ob eine kurze hellbläuliche Flamme aus der Oeffnung
Glases aufsteigt, deren Beginnen man wahrnimmt, wenn
etwas bläst oder einen brennenden Spahn der Oeffnung
rt; das Flämmchen erlischt zuweilen und entzündet sich
mals von selbst mit einer geringen, kaum hörbaren Explo-
; auf jeden Fall kann man es 5 bis 10 Minuten brennen
n. Alsdann mufs ein vorher eingepafster Kreidestöpsel
t seyn, womit man die Oeffnung des Glases verschliefst;
entfernt die Kohlen, nimmt den Tiegel heraus, setzt ihn
Verhütung des Springens an einem trocknen Orte auf einen
, und wenn er genügend erkaltet ist, steckt man statt des
destöpsels einen Korkstöpsel auf, den man später gehörig
eindrückt und mit Wachs oder Pech übergiefst, wenn man
Pyrophor länger aufheben will, da dieses ein und mehrere
e geschehen kann. Ein gut gerathener Pyrophor entzün-
sich schon beim Ausschütten in der Luft, auf jeden Fall
Papier oder Holz liegend beim Zutritte der feuchten Luft,
verbrennt vollständig zu Asche.

130) Homberg[1] nahm zufällig die Entzündung dieses
ihm benannten Pyrophors wahr, als er Menschenkoth mit
n destillirt hatte, und Lemery[2] fand nachher, dafs alle viel
lenstoff enthaltende Körper, als Honig, Mehl, Zucker u. s. w.,
tauglich seyen, so wie Savigny[3] nachwies, dafs man
h andere schwefelsaure Salze, als Glaubersalz oder schwe-
ures Kali, dazu nehmen könne. Scheele und Bergmann
gten durch ihre Untersuchungen zu dem richtigen Resul-
, dafs das Alkali dabei eine wichtige Rolle spielt und man
aus 1 Th. Alkali, 0,25 Schwefel und $\frac{1}{3}$ Kohlenstaub einen
ophor bereiten könne. Nach Silliman[5] geben 3 Th. Lam-
fs, 4 Th. calcinirter Alaun und 8 Th. Perlasche, gemengt
in einer eisernen, mit einem Kreidestöpsel verstopften,
e bis zum Rothglühen erhitzt, einen Pyrophor, welcher
nicht blofs von selbst entzündet, sondern mit einem eiser-
Stabe berührt sogar zuweilen eine Explosion, wie Schiefs-
ver, veranlafst.

1 Mém. de l'Acad. 1710. u. 1711.
2 Ebendaselbst. 1714. u. 1715.
3 Mém. presentés. T. III.
4 V. Crell's chem. Annalen 1786. Bd. I. Journ. de Phys. T. XXIX. p. 330.
5 Amer. Journ. of Sc. T. X. p. 367.

Digitized by Google

Aufser diesen sämmtlich auf fast gleichmäfsige We
bereiteten Pyrophoren giebt es aber noch eine Menge Sel
der, deren Bekanntwerdung das Feld der Untersuchung
Entzündungen bedeutend erweitert hat[1]. Die älteren zu
falschen, zum Theil ungenügenden Erklärungen, z. B. von S
Bergmann, Lemery, Wiegleb, Göttling und Anderen
hen sich zunächst nur auf den beschriebenen Homber
Pyrophor, und sind nebst eigenen Ansichten durch Gre
sammengestellt worden; nach Döbereiner[3] ist die Entzünd
Folge des vorhandenen Kalis oder Natrons, welche in fe
theiltem Zustande mit Schwefel und Kohle verbunden si
zünden, Berzelius[4] aber findet die Ursache darin, dafs v
vereinten Körpern der eine den andern disponirt, si
Sauerstoff zu verbinden, woraus dann die durch Coope
fredson, Wöhler und Anderen erhaltenen Pyrophore au
und einem Metalle, namentlich Platin, Antimon u. a.,
würden. Von grofser Wichtigkeit sind die genauen U
chungen von Gay-Lussac[5], woraus hervorgeht, dafs kei
Kalium oder Natrium vorhanden ist, weil durch Hinzuk
von Wasser kein Wasserstoffgas frei wird. Nach ihm
Kohle kein nothwendiger Bestandtheil; denn 75 Gr. Al
3,33 Gr. Kienrufs, durch Weifsglühhitze in eine ro
Masse verwandelt, entzündeten sich ohne eine Spur vorh
Kohle. Auch die Thonerde ist nicht nothwendig, denn
schwefels. Kali mit 3 At. schwefelsaurer Magnesia
gab einen guten Pyrophor, und daher scheinen Thoner
Magnesia nur zur besseren Zertheilung des Schwefelkali
dienen. Ein Gemenge aus 27,3 Gr. schwefelsaures K
7,5 Gr. Kohle geglühet gab keinen Pyrophor, als aber di
pelte Quantität Kohle genommen worden war, zeigte sich e
Gefahr verbundene Entzündlichkeit, wozu die Anwesenh
feuchten Luft nicht erforderlich war, und ebenso verhi
ein Gemenge aus schwefelsaurem Natron mit Kienrufs

1 Eine grofse Zahl wird beschrieben durch Proust im Jo
Phys. T. XIII. p. 432. Uebers. in Gehlen's Journ. Th. VI. S.
2 System. Handbuch d. gesammten Chemie. Th. I. §. 787.
3 Schweigger's Journ. Th. XVI. S. 118.
4 Jahresbericht 1825. S. 70.
5 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 415. Poggendor
XIII. 299.

Digitized by Google

Entzündlichkeit dieser Pyrophore, verglichen mit der der
nlichen, scheint von der stärkeren Vertheilung, von der
enheit einer unwirksamen erdigen Substanz und ohne
l von einer geringeren Menge von Schwefel abzuhängen.
NDORFF zeigt, indem er dieser Erklärung beitritt, zugleich,
e auch auf die verschiedenen sonstigen Pyrophore An-
ng leidet, in denen das Brennbare aus fein vertheiltem
Nickel oder Kobalt besteht, z. B. die von MAGNUS[1] be-
nen, wie gleichfalls nicht minder auf die Selbstent-
chkeit der Uran-Metallsalze[2], des aus Realgar durch Kali
heidenden Schwefelarseniks[3] und des feingepulverten
nkobalts[4]. Mit Recht erinnert POGGENDORFF zugleich
Entzündung, die durch Verdichtung des Wasserstoffgases
ührung mit fein vertheilten Metallen erzeugt wird, wohin
yrophore gehören mögen, die man durch Glühen von Pla-
niak mit Korkspähnen, durch Zersetzung des weinstein-
Antimonammoniaks und durch Glühen von Grünspan
orkkohle in Wasserstoffgas erhält. Die Zahl der Pyro-
liefse sich leicht noch bedeutend vermehren, wenn man
e Angaben darüber aufsuchen wollte. So erwähnt WAL-
dafs 2,5 Theile von ihres Krystallisationswassers beraubter
steinsäure, in einem trocknen Behälter genau gemengt mit
vollkommen trocknem und pulverisirtem Bleiperoxyd,
ald entzünden und lange lebhaft glühend bleiben. BÖT-
wiederholte diese Versuche und dehnte sie auf andere
sche Säuren aus, wobei er fand, dafs 5,25 Th. Bleiper-
mit einem Theil in heifser Luft getrockneter Oxalsäure
iche Weise verbunden sich beinahe augenblicklich ent-
ten, doch dauerte das Glühen kürzere Zeit, weil die Säure
er Kohlenstoff enthält. Ein Atom Citronensäure, einige
Flufs erhalten, dann getrocknet und pulverisirt, dann
mit 2 Atomen Bleiperoxyd gemengt, entzündet sich so-
und glühet geraume Zeit[5].

---

[1] Poggendorff's Ann. III. 81.
[2] Ebendaselbst I. 258. 267.
[3] Ebendaselbst VII. 155.
[4] Trommsdorff's Journ. 1794. Th. II. S. 179. BOULLAY in Journ. arm. 1827. p. 433.
[5] Aus L'Institut 1837, März in London and Edinb. Phil. Mag. XI. p. 319.

131) Unter die Classe der Selbstzündungen gehört ein im Ganzen glücklicherweise seltenes, aber doch sch vorgekommenes Phänomen, nämlich das, ohne Hinzuk des Feuers von aufsen, vielmehr von innen ausgehende *verbrennen der Menschen.* Gänzliche Abwesenheit eine wirkung des Feuers von aufsen ist bei der hier zu b tenden Thatsache nothwendige Bedingung, weswegen m viele Mühe gegeben hat, bei den einzelnen vorgekommenen den Beweis hierüber zu führen. Da solche Katastrophen sind, Feuerzeuge und Feuer aber zu den gewöhnlichste gebungen der Menschen gehören, so war dieses allerdi einigen Schwierigkeiten verbunden, es läfst sich aber an dafs in einigen Fällen die Abwesenheit jedes äufserlich kenden Feuers mindestens höchst wahrscheinlich, in anderen Fällen völlig erwiesen war. Das Selbstverbren Menschen besteht in einer von innen ausgehenden, mit lich auflodernder leichter Flamme verbundenen Zersetzu weichen Theile des menschlichen Körpers, wodurch d eine höchst widerlich riechende, dickflüssige Jauche m rücklassung der härteren Knochen verwandelt werden, z geht aber die Zersetzung nur bis zu einer schwärzende kohlung. Besonders sind Personen weiblichen Geschle namentlich sehr corpulente, durch anhaltenden überm Genufs geistiger Getränke zerrüttete diesem Schicksal aus und es sollen aus dieser Ursache bei den Samojeden, Branntwein trinken, nach Malte-Brun[1] verhältnifsmäfs Fälle dieser Art vorkommen. Eins der ältesten bek Beispiele ist das der Gräfin Zangari[2], aufserdem aber e Marozzo[3] das der Gräfin Cornelia Bandi, welche die Beine in Asche verwandelt wurde, so wie einer g Grace Pitt, bei welcher die Entzündung von dem der Eingeweide auszugehen schien, und eines gewisse sters von Bergamo, welcher auf gleiche Weise verzehrt Diese und noch andere Beispiele hat Socquet[4] gesa ausführlich aber ist dieser Gegenstand behandelt worden

1 Précis de la Géographie universelle. T. V. p. 477.
2 Philos. Trans. 1731. N. 476.
3 Mém. de l'Acad. de Turin. T. III. p. 483.
4 Essay sur le Calorique. Par. An IX.

Digitized by Google

R[1] und RITTER[2], am vollständigsten durch J. H. KOPP[3], cher die bis dahin bekannt gewordenen Fälle aufzählt und ner beschreibt, so weit sie mit den begleitenden Umständen nnt geworden sind. Ein sehr interessanter und genau con- irter Fall ist die Selbstverbrennung des Priesters G. MARIA TTOLI aus Valere, welchen der Arzt BATTAGLIA[4] beschrie- hat. Dieser Geistliche, weder corpulent, noch dem über- ögen Genusse geistiger Getränke ergeben, kam ermüdet von s langen Fufstour an einem heifsen Tage bei einem Be- ten zum Uebernachten in Filetto an, wünschte einige Zeit n zu seyn, um sich umzukleiden und sein Abendgebet zu chten, ehe er sich durch ein Nachtessen erquickte, und war r allein in seinem Zimmer. Nach einiger Zeit hörte sein wirth ein klägliches Geschrei desselben, ging zu ihm und ihn auf den Boden hingestreckt; er bemerkte eine leichte mme in der Gegend seiner Schultern, welche sogleich er- ; doch war der rechte Hemdärmel verbrannt, aber die e, Unterbeinkleider und Haupthaar nicht einmalversengt, auch kte man keinen widerlichen Geruch im Zimmer. Am den Tage erzählte der Patient dem herbeigerufenen Arzte TAGLIA von Ponte-Bosio, er habe einen plötzlichen Schlag, von einer Keule, auf den rechten Arm bekommen und da- einen Feuerfunken an seinem Hemde gewahrt, wodurch s verbrannt sey. Die Haut des rechten Vorderarmes, die gumente seines oberen Theiles und des Rückens bis zu den en waren fast ganz vom Fleische abgelöset und hingen in en herab, die verletzten Stellen wurden schnell brandig, t Fieber mit Delirium ein, anhaltendes Erbrechen, fauliger lgang und am vierten Tage erfolgte der Tod mit Zeichen eller Fäulnifs. Da sich eine Lampe in seinem Zimmer d, so ist der Mangel jeder von aufsen einwirkenden Entzün- nicht gewifs, wie in dem ähnlichen Falle, welchen SCHERF[5] lt. Ein 48 Jahre alter starker Branntweintrinker wurde

1 Essai sur les combust. hum. produites par l'abus des liqueurs Par. An VIII.

2 Ueber Selbstentzündungen. Hamb. 1804.

3 Ausführliche Darstellung der Selbstverbrennungen des menschl. pers. Frankf. 1811.

4 Fouquet Bibliothèque salutaire. Par. 1801.

5 Kopp's Jahrbuch der Staatsarzneikunde. 1815. S. 383.

Digitized by Google

Abends berauscht ins Bette gelegt, am andern Mor
fand man die unbedeckten Theile, das Gesicht, die rec
und die grofse Zehe des rechten Fufses verkohlt oder
alle vom Bette oder Kleidungsstücken bedeckten Th
unversehrt. Bette und Decke hatten wenig gelitten, e
letztere mit einer rufsigen, schmierigen Masse überz
das Zimmer mit einem undurchsichtigen stinkenden
erfüllt. Ein anderes Beispiel ist das von einem Ma
cher leicht gekleidet in Hemdärmeln stand und plötz
Flamme am Mittelfinger seiner rechten Hand gewahrt
welche seine leinenen Beinkleider und nachher sei
entzündet wurden, als er den Finger daran rieb. Die
seiner Umgebung sandten zu einem Priester, um den
lichen Teufel auszutreiben, dieser aber erklärte vernü
der Fall vor den Arzt gehöre, und der Patient wurde
Diesem ähnlich ist der Fall bei einem Mädchen, w
ganzen Körper Hitze spürte, vorzüglich in der linken Ha
Temperatur während dessen stets höher war. Zweima
Zeigefinger dieser Hand mit einer blauen, nur im Dunk
baren Flamme an zu brennen und verbreitete einen
nach Schwefel. In Wasser getaucht schien die ga
zu brennen (?), welche in die Schürze gewickelt, u
aus einem fremden Hause nach ihrem eigenen zurüc
war, erst nach dem Eintauchen in Milch keine wei
des Brennens zeigte. Später erhielt das Mädchen ei
tern an der inneren Seite dieser Hand, und als sie w
belbefindens in das Hospital ging, kehrte dort das Bre
zweiten Male wieder; sie wurde indefs geheilt. Aeuf
letzungen waren nicht angerichtet, auch zeigte sich k
von Elektricität[2]. Die neuesten ausführlichen Unters
über diesen Gegenstand sind von Julia Fontenelle[3]

---

1 Nouveau Journ. de Médec. 1822. Dec. Hufeland's J
Juni. S. 119.

2 Aus Hecker's Zeitschrift 1825. Aug. in London medi
tory. T. III. p. 79. Vergl. Rudolphi Physiologie Th. I. S.
ganze Erzählung klingt übrigens etwas verdächtig, namentli
einem bei den niederen Volksclassen gangbaren Vorurtheil
stimmende Angabe, dafs das Brennen nicht durch Wasse
nur durch Milch gelöscht werden konnte.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. IX. p. 164.

Digitized by Google

ch die hier angegebene frühere Literatur nicht vollständig
nnt zu haben scheint. Nach seiner Ansicht trifft dieses
icksal in der Regel nur bejahrte Personen, und bei einem
lchen von 17 Jahren war die Verbrennung blofs partiell.
ner sollen nur die innern Theile verbrennen, die Extremi-
n aber meistens verschont bleiben, was jedoch mit andern
ben nicht übereinstimmt; das Feuer soll ferner anderwei-
sehr entzündliche Substanzen nicht ergreifen, wie nament-
in einem Zimmer der Fall gewesen seyn soll, worin zwei
nen zugleich verbrannten, — ein allerdings kaum glaubli-
Zusammentreffen. Wasser scheint die Flamme eher zu
rken, als auszulöschen, und nach dem Aufhören derssel-
beginnt erst die gänzliche Zersetzung von innen. Ferner
n diese Verbrennungen im Winter häufiger seyn, als im
mer, was theoretischen Gründen widerspricht, indem nicht
das Leben, sondern auch alle Zersetzungsprocesse in der
me gesteigert sind, so dafs man glauben sollte, wenn
ich solche Fälle im Winter häufiger vorkommen, sie
nicht ohne Einflufs äufsern Feuers gewesen, womit man
Winter so vielseitig umgeben ist. Gegen die allgemeinen
tverbrennungsprocesse soll es endlich kein Mittel geben,
der Zersetzungsprocefs plötzlich eintritt und der Körper
wenigen Stunden gänzlich verzehrt wird, so dafs blofs fet-
Asche und eine stark widerlich riechende Jauche zurück-
t; die partiellen aber, die blofs einzelne Glieder treffen,
en meistens geheilt oder sind mindestens nicht tödtlich.

132) Wenn die hier angegebenen, von so vielen ver-
denen Seiten her bestätigten Thatsachen, die Erhitzungen,
Flammen, die Verwandlungen des ganzen menschlichen
pers in eine stinkende Jauche u. s. w. gegründet sind, so
rliegt es keinem Zweifel, dafs diese Erscheinungen zur
meinen Classe der Selbstzündungen gehören. Inzwischen
t Dupuytren[1], die Entzündung erfolge blofs durch äu-
lich hinzukommendes Feuer, wobei dann die Jauche ein
ugnifs des geschmolzenen Fettes sey, eine Ansicht, die
den vielen glaubhaften Erzählungen sich nicht wohl ver-
en läfst. Lair, welcher die Erscheinung als Folge des
mäfsigen Genusses geistiger Getränke ansah, suchte die

[1] Froriep Notizen. Th. XXVI. S. 300.

Ursache des seltsamen Phänomens in einer Entzündung
Weingeistes durch thierische Wärme. Marc, Korr und
meisten Andern glauben, es entwickele sich viel Wasserst
gas, welches durch Elektricität oder aufgelösten Phosphor e
zündet werde; Fontanelle verwirft Beides und auch die H
pothese, dafs eine unverhältnifsmäfsig starke Verbindung
Sauerstoff eintrete, weil keine aufserordentliche Hitze
finde und weder Kohle noch Ammoniak erzeugt werde, v
mehr hält er den ganzen Procefs für eine Zersetzung der w
chen animalischen Theile. H. F. Thyssen[1] leitet die Sel
verbrennung von Phosphorwasserstoffgas ab, zu welchem S
stoffgas aus den Lungen tritt; sie soll daher von der Brust
gehn und der brennende Athem der Branntweintrinker
aus erklärlich seyn, Dr. Bally[2] dagegen führt sie auf bl
Wasserstoffgas zurück, welches durch einen elektrischen F
ken entzündet werde. Auf diese Idee führte ihn der Umst
dafs er bei einer Section eines am Typhus verstorbenen
tienten eine Menge dieses Gases in den innern Höhl
fand.

Vor allen Dingen mufs wohl bei diesen Erklärungen
Elektricität ganz aus dem Spiele bleiben, deren vermehrte E
bindung durch nichts bedingt, vielmehr bei fehlender Isol
ganz unmöglich ist, so wie ein eigentlicher, zur Ent
dung erforderlicher, elektrischer Funke. Abstrahiren wir h
von, so wird durch den animalischen Lebensprocefs stets
bedeutende Menge Wärme entwickelt, welche durch ungew
liche Energie leicht bis zu einem Grade gesteigert werden k
wie er zur Entzündung der Pyrophore nach den angege
Beispielen erforderlich ist. Aufserdem gehört reichliche E
bindung von unreinem, kohlenstoff–, schwefel– und p
phorhaltigem Wasserstoffgas zu den nicht ungewöhnliche
scheinungen des menschlichen Lebensprocesses, wesw
Treviranus[3] das im Zellgewebe enthaltene Phosphorw
stoffgas als wesentlich mitwirkend betrachtet, und da mit
thierischen Leben die Aufnahme von Sauerstoffgas stets

1 Bydragen to de natuurkund. Wetenschappen. Amst. 1825. N
p. 214.

2 Gaz. méd. 1831. N. 2. Dublin Journ. N. IX. p. 311.

3 Biologie. T. V. p. 138.

Digitized by Google

len ist, so gehört eine Steigerung dieser Processe bis zu
n Grade, dafs im Anfange eine wirkliche Flamme erscheint
eine Zerstörung der sämmtlichen weichen Theile darauf
t, keineswegs unter die nicht vorstellbaren Erscheinungen,
sich füglich den vielen Pyrophoren anreihen lassen.

133) Eine nicht geringe Menge von Körpern werden
h äufsere Ursachen, namentlich durch Erwärmung oder
h mechanischen Druck, vermocht, neue chemische Verbin-
gen unter Entbindung von Licht und Wärme einzugehn,
in unter andern namentlich die *detonirenden Substanzen*
ren. Die bekannteste hier zu erwähnende Verbindung ist
gewöhnliche *Schiefspulver*, wovon jedoch bereits ausführ-
gehandelt wurde[1], und es möge daher hier nur nachträg-
bemerkt werden, dafs nach Ure[2] dasselbe bestehn soll

3,2	Salpeter,	14,0	Kohle,	9,0	Schwefel,	0,5	Wasser,
7,4	—	13,5	—	8,5	—	0,6	—
3,7	—	12,5	—	9,0	—	1,1	—
7,0	—	13,5	—	8,0	—	0,8	—

stöchiometrischen Verhältnissen aber aus 75,0 Salpeter,
7 Schwefel und 13,23 Kohle; das daraus entbundene Gas
de dann nach seiner Meinung einen 787,3mal so grofsen
um einnehmen[3]. Hieran reihet sich das seit langen Zeiten

---

1 S. Art. *Schiefspulver*. Bd. VIII. S. 324.

2 Journ. of the Royal Inst. 1830. Oct. N. I. p. 121.

3 Bei einem so allgemein interessanten Gegenstande füge ich
h Folgendes hinzu. Gewifs ist, dafs Roger Baco (geb. 1216, gest.
9) in seinem Buche de nullitate magiae sagt, man könne nach
llkür Blitz und Donner erregen, wenn man Salpeter, Schwefel und
hle vermenge. Vermuthlich machte Schwarz im Jahre 1300 den
brauch des Schiefspulvers den Venetianern bekannt, die sich dessen
rst im Kriege gegen die Genuesen bedienten. In der Schlacht bei
ssy 1313 waren 5 Kanonen.

Ueber die elastischen Flüssigkeiten, welche durch das Verbren-
n des Schiefspulvers entwickelt werden und Ursache seiner Wurf-
aft sind, giebt es viele ältere Untersuchungen, z. B. von Newton
Opt. qu. X., Wolf, Boyle, Hawksbee, Mariotte, Papin, Jon.
rsenelli, de la Hire, Belidor, Saluce in Miscell. Taurin. T. I. p. 1
. II. T. II. p. 94. u. v. A. Eine ausführliche Erörterung seiner
raft als Folge der erhitzten Luft und der Wasserdämpfe hat Van-
ucci in Comm. Soc. Bonon. T. IV. p. 106 mitgetheilt. Hutton in

bekannte *Knallpulver*[1] (*Pulvis tonans;* poudre fulminante), desgleichen die nach den enthaltenen Metallen nannten explodirenden Mischungen, das *Knallgold* (*Aurum fulminans;* Or fulminant)[2], Howard's *Knallquecksilber* und Howard's, Brugnatelli's und Berthollet's stärkeres *Knallsilber*[4] (*Argentum fulminans;* Argent fulminant), nach den neuesten Untersuchungen sämmtlich genannte *knallsaure Salze.* Insbesondere giebt das *chlorsaure Kali,* anfangs *hyperoxygenirt-salzsaures Kali* genannt, Menge Verbindungen, welche durch chemische Zersetzung durch mechanischen Druck sich entzünden und meistens detoniren[5]. Am auffallendsten zeigt sich dieses, wenn dünne Plättchen Phosphor mit chlorsaurem Kali bestreut auf einem Ambos liegend mit einem schweren Hammer sch Die mit furchtbarem Knalle verbundene heftige Explosion eine Folge davon, dafs der Phosphor mit dem entbund Sauerstoffgas verbrennt und Chlorphosphor gebildet wird. Versuch ist zwar imposant und wegen der momentan e genden, unerwartet heftigen Verbindung mit Erzeugung

---

Tracts T. III. p. 201 giebt an, dafs nach Robins der Raum der dem Pulver entwickelten elast. Flüssigkeiten 244mal der des Pul sey; durch Glühhitze würden diese dann $4\frac{1}{11}$mal ausgedehnt, und ben daher eine Kraft von $244 \times 4\frac{1}{11} = 998$ oder in runder Zahl 1000 Atmosphären. Die neuern Untersuchungen geben hierüber nauere Resultate. Salzer Vers. über d. Schiefspulver. Carls. S. 18 erhielt aus 0,25 Gr. Schiefspulver, wovon 350 Körner wogen, 0,19 Cub. Z. Gas, aus 0,09 Kohlensäure, 0,04 Sauerstoffgas 0,06 Stickgas bestehend.

1 S. Art. *Kalium.* Bd. V. S. 840. Vergl. Ingenhouss vermi Schriften. Th. I. S. 335.

2 S. Art. *Gold.* Bd. IV. S. 1610.

3 S. Art. *Quecksilber.* Bd. VII. S. 1021. Vergl. Gmelin's Ha buch d. Chemie. Th. I. S. 1316.

4 S. Art. *Silber.* Bd. VIII. S. 799. Vergl. Gmelin's Handb Th. I. S. 1352 u. 1357.

5 S. Art. *Kalium.* Bd. V. S. 841. Die Zahl der auf diese We sich entzündenden Substanzen liefse sich noch bedeutend vermehr wenn es der Mühe werth wäre, die einzelnen aufzusuchen. So e zünden sich 3 Th. braunes Bleioxyd mit 1 Th. Schwefel nach V quelin in Ann. de Chim. T. LXII. p. 221, wenn sie heftig in ein Mörser gerieben werden; auch entzündet sich jenes Oxyd nach Vo in schwefligsaurem Gas. S. Kastner's Archiv. Th. IV. S. 436.

Digitized by Google

ht und Wärme von grofsem Interesse, läfst sich am grofs-igsten anstellen, wenn man den Phosphor mit mindestens m doppelten Volumen des Salzes vereint in Papier einwickelt nd der allgemeineren Verbrennung wegen mit einem schweren ammer schlägt, allein er ist dann auch sehr gefährlich, weil r Phosphor durch die heftige Explosion allseitig umherge-orfen wird und entzünden kann. Ohne Gefahr läfst sich der ersuch aber so anstellen, dafs man eine kleine Quantität hosphor auf einem Ambos in einer sehr dünnen Lage mit ei-m Messer festdrückt, mit dem Salze bestreuet und dann mit em Hammer darauf schlägt; der diesemnach festklebende hosphor fliegt nur in kleinen Quantitäten zur Seite, doch ist rathlich, im Augenblicke des Schlagens die Augen zu schlie-en. Zerreibt man in einem erwärmten Mörser von Serpen-instein eine geringe Menge Schwefelblumen so, dafs blofs ein leiner Theil derselben an den Wandungen hängen bleibt, in-em man den Rest ausschüttet, auch sogar den Mörser mit ei-em leinenen Tuche auswischen kann, schüttet man demnächst ine kleine Quantität des Salzes hinein und reibt mit dem Pi-ill, so hört man ein anhaltendes, mit Funkensprühen ver-undenes Knistern oder Prasseln, welches bei etwas gröfserer enge zur heftigsten, gefährlich werdenden Detonation über-eht. Wurzer[1] rieb auf diese Weise nicht mehr als 1,5 Gran, und es entstand plötzlich ein betäubender Knall mit iner zwei Fufs hohen Flamme, die einen Theil seiner Klei-er verbrannte, und doch blieb noch 0,5 Gran der Substanz nzersetzt.

Wegen der grofsen Entzündbarkeit dieser Substanzen durch lofsen Stofs benutzt man sie zum sogenannten *Zündpulver* der *Percussionspulver* bei den *Percussionsgewehren* oder den it *Percussionsschlössern* versehenen Geschützen. Es ist bereits sagt worden[2], dafs das Zündpulver aus chlorsaurem Kali mit chwefel, Hexenmehl, Holzstaub und Salpeter gemengt besteht, nd hier kann wohl nicht der Ort seyn, die verschiedenen, on den Technikern gewählten Mischungs- und Verfertigungs-rten einzeln anzugeben, es wird vielmehr genügen, beispiels-weise nur einige Zusammensetzungen derselben namhaft zu ma-

1 *V. Crell's chem. Ann.* 1792. St. XI.
2 S. Art. *Kalium.* Bd. V. S. 841.

Digitized by Google

chen. Die *Knallkügelchen*, deren man sich bei den Perc sionsschlössern bedient, bestehn aus 100 Th. chlorsaurem K 12 Th. Schwefel und 10 Th. Kohlenpulver oder aus 100 T des Salzes, 42 Th. Salpeter, 36 Th. Schwefel und 14 The Hexenmehl. Man bedient sich aufserdem häufig der *Zündh chen*, kleiner Hütchen von sehr dünnem Kupfer, in wel ein Tropfen Knallquecksilber mit etwas Benzoe oder ein sonstigen Bindemittel vereint gebracht ist[1]. Die jetzt all mein bekannten und in unermefslicher Menge fabrikmä verfertigten sogenannten *chemischen Zündhölzchen* sind zweierlei Art, entweder solche, die in etwas Schwefels getaucht oder leicht damit benetzt durch chemische Zerset sich entzünden, oder die etwa seit 1835 weit mehr gebrä lichen, die durch Reiben in Brand gesetzt werden. Die wöhnliche Beschaffenheit der erstern ist bereits[2] angegeben w den, sie haben die Unbequemlichkeit, dafs das stets erforde che Gläschen mit Schwefelsäure leicht Sachen beschädigt, w man es nicht vorsichtig aufbewahrt; aufserdem aber zieht Schwefelsäure, welche nur in kleiner Quantität vorhanden s darf, wobei man noch aufserdem in das Gläschen Kiess oder besser Asbest bringt und diese mit der Schwefels tränkt, begierig Wasser aus der Luft an und wird dadu zur Erregung der Entzündung untauglich. Hierin liegt haup sächlich der Grund, dafs diese Art Feuerzeuge sobald fast g aufser Gebrauch gekommen ist. Sehr brauchbar, aber zu ko spielig sind die Zündhölzchen, welche Sam. Jones[3] in V schlag gebracht hat. Sie bestehn aus kleinen Glaskügelch in denen eine geringe Quantität Schwefelsäure enthalten Diese sind mit der Mengung der chemischen Zündhölzch umgeben, dann mit einem Streifen Papier oder dem Ende e Dochtes umwickelt, und die Entzündung erfolgt durch das Z schlagen des Kügelchens. Bei den neuerdings am meisten g bräuchlichen Zündhölzchen ist Phosphor diejenige Subst

1 Vergl. P. W. Schmidt in Schweigger's Journ. Th. XLI. S. E. G. Wright scheint sie zuerst angewandt zu haben. S. G. LXX 73. Ausführliche Untersuchungen über die Bestandtheile der Zü pulver und die für sie geeigneten Schlösser von Karmarsch findet m in den Jahrbüchern des Wiener polytechnischen Instit. Th. XII. S. 1

2 S. Art. *Kalium*. Bd. V. S. 4.

3 Repertory of Patent Inventions. 1829. Mart. p. 147.

Digitized by Google

he das Entzünden bewirkt. Um die Entzündbarkeit des- n zu verstärken, befindet er sich im Zustande feiner Ver- ung, ist daneben mit Körpern verbunden, welchen die ündung leicht mitgetheilt wird, und mit andern harten und en, welche die entzündliche Wirkung des Reibens ver- ren. Diese letztern Bestandtheile werden von den Fabri- n verschieden gewählt. Der *detonirenden Mischungen* haupt giebt es eine aufserordentliche Menge, welche hier namhaft zu machen nicht zweckmäfsig seyn dürfte, und es daher die Angabe nur einiger der interessantesten und am ten in Anwendung kommenden Verbindungen genügen. an man nach Döbereiner[1] zwei Theile salpetersaures Zink- d und einen Theil essigsaures Kobaltoxydul mengt und das enge entweder in einer kurzhalsigen Glaskugel oder in ei- n Platinlöffel dem Feuer einer Weingeistlampe aussetzt, so d dasselbe schnell flüssig und erscheint zuerst rosenroth, n purpurfarben, dann blau, und geht endlich unter plötzlicher ausender Verpuffung in den trocknen grünfarbigen Zustand , wobei die ganze Masse gleich einem kleinen Vulcane aus n Gefäfse geschleudert wird. Die Kenntnifs anderer Beispiele ert das Studium der Chemie in Menge.

134) Eine eigenthümliche Art der Wärmeentwickelung bis r eigentlichen Entzündung findet bei dem nach seinem Er- der Döbereiner benannten *Platinsalmiak* statt, die hier um mehr angereiht zu werden verdient, je sicherer jetzt wohl nzunehmen ist, dafs die Entzündung auf einer Verdichtung r chemischen Bindung beruht, und nicht auf elektrischem halten, wie einige Physiker anzunehmen geneigt waren. ber die Erfindung selbst, die im Jahre 1823 gemacht wurde, d wie man dieselbe sogleich zu einer eigenthümlichen Art n Feuerzeug anwandte, ist bereits berichtet[2], auch ist die reitung des sogenannten *Platinschwammes* oder *Platinsal- iaks*, lose zusammengeballeter feiner Partikelchen regulinischen latins, angegeben worden[3], und es kann daher hier nur von

1 G. LXXIV. 274.

2 S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 86.

3 S. Art. *Platin*. Bd. VII. S. 590. Nach Pleischl in Schweigger's ourn. Th. XXXIX. S. 351 kommt auch geglühetes Palladiumcyanit in Wasserstoffgasstrome zum Glühen.

Digitized by Google

der Ursache dieser Erscheinung die Rede seyn, um zu
men, unter welche Classe von Wärmeerzeugungen d
cielle Art gehört und inwiefern sie sich mit der all
Wärmetheorie vereinigen läfst. Zuvor verdient hier
zu werden, dafs auch das sogenannte *Platinmohr* o
BIG's *Platinschwarz*[1] und das *Iridmohr* ähnliche Erl
zeigen[2], die zunächst unter die später (§. 138) zu e
den Wärmeentbindungen gehören. Nach PLEISCH
Löschpapier in salzsaure Platinauflösung getaucht und
eine Asche, welche noch besser als Platinschwamm
soll. Nach DE LA RIVE und MARCET[4] findet die
zu entzünden noch statt bei — 20° C., es wird abe
Zeit erfordert, bis die Entzündung erfolgt, und sie h
— 20° C. ganz auf; *Palladium*, auf gleiche Weise
bewirkt die Entzündung des Knallgases fast gleich sta
aber mufs eine Temperatur von 50° C. haben, wenn
Wirkung hervorbringen soll, die beim Platin nie aufh
Ursache der Entzündung des Knallgases durch diese
zen setzten die genannten Gelehrten in die starke Ver
namentlich des Wasserstoffgases durch dieselben, in der
Wärme ausgeschieden und die Verbindung mit San
eingeleitet wird, die mit zunehmender Hitze wächst,
zündung erfolgt, später aber meinte DE LA RIVE[5], die
liege in dem schnellen Wechseln der Oxydation und
duction der Oberfläche des Metalles, wie dieses auch
Lampe ohne Flamme der Fall sey. G. G. SCHMIDT
es sey dadurch, dafs das Platin in der Reihe der negat
trischen Körper eine der ersten Stellen einnimmt, der
stoff aber in der der positiv elektrischen, schon ein
Wahlanziehung beider bedingt. Wenn aber diese ele
Anziehung zugleich durch die physische Adhäsionskraft i
der lockern und porösen, viele Oberfläche und Spitzen
tenden Form der Körper erhöht werde, so müsse die

1 Poggendorff's Ann. XVII. 106.

2 DÖBEREINER in Schweigger-Seidel n. Jahrb. Th. III.
u. 466.

3 Biblioth. univ. T. XXV. p. 122.

4 Mém. de la Soc. de Génève. T. II. P. II. p. 240.

5 L'Institut. 1838. N. 260.

6 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giefs. 1826. S.

Digitized by Google

e Verdichtung der Gase und die dadurch frei werdende me die chemische Wechselwirkung der Gase so sehr er- n, dafs sie sich zu Wasser vereinigen und ihre latente me frei lassen. Dafs keine mefsbare Elektricität hierbei rnehmbar wird, darf, wie SCHMIDT meint, nicht befrem- , da nach BECQUEREL bei allen chemischen Actionen nur ost geringe Elektricität zum Vorschein kommt; allein ab- n davon, dafs es doch nothwendig unwahrscheinlich seyn , wenn die hierbei als Hauptursache wirkende Elektricität wahrnehmbar seyn sollte, darf zugleich das elektroche- he Verhalten zwischen dem Sauerstoff und Wasserstoff übersehn werden, insofern die positive Elektricität des erstoffgases auf die negative des Sauerstoffgases um so er wirken könnte, je mehr sie durch die des Platins be- bunden wäre, wodurch dann die nothwendige Bedin- des Verbrennens wegfallen würde. Inzwischen hat LIE- diese Hypothese direct widerlegt. Zuvörderst verdichtet bloss der Platinschwamm das Wasserstoffgas durch Ab- on, sondern eben dieses geschieht auch durch die Kohle Ammoniakgas und salzsaurem Gas, welche beide einander ehtlich ihrer Elektricität ganz entgegengesetzt sind; das alten der Kohle ist aber dem des Platinschwammes auch rn höchst ähnlich, als nach den Versuchen THÉNARD's r Kohle, welche Schwefelwasserstoffgas und Sauerstoffgas irt hat, Wasser gebildet und Schwefel abgesetzt wird. ch kommt noch der Umstand hinzu, dafs nicht Platin al- sondern auch andere Metalle, fein zertheiltes Glas und llen die nämliche, wenn auch durch höhere Temperatur re Wirkung hervorbringen. Dagegen zeigt LIEBIG über- nd, dafs der Platinschwamm zwar, wie die ausgeglühte hle, die Eigenschaft besitze, die Gase zu verdichten, h in einem ungleich höhern Grade. Nach DÖBEREINER[2] ren 100 Gran Platinschwamm 20 Kubikzoll Wasserstoff-

[1] Poggendorff's Ann. XVII. 112.

[2] Nach einer spätern Beobachtung dieses Gelehrten nehmen rtheiltes Platin und Iridium beim Trocknen an der Luft das bis 250fache ihres Volumens Sauerstoffgas auf, ohne sich che- damit zu verbinden, und verdichten es mit einer Kraft von 800 00 Atmosphären, woraus die Entzündung leicht erklärbar wird. gendorff's Ann. XXXI. 512.

Digitized by Google

gas. Nimmt man hiervon nur 15, indem die ü
Rechnung des Sauerstoffgases gebracht werden, w
aus der Luft absorbirt war und mit dem Wasserst
ser gebildet hatte, und wird hiernach das Volume
serstoffgases mit dem Volumen des Platinschwamm
lere spec. Gewicht des letztern zu 16 angenomm
chen, so erhält man das ungeheure Volumen von
zoll Wasserstoffgas, die durch 1 Kubikzoll Pl
verdichtet werden, woraus dann die bis zur Gl
gende Erwärmung von selbst hervorgeht, wenn no
die geringe Wärmecapacität des Platins in Ansch
wird.

b) Das Verbrennen oder das sogenannte Feuer.

Es liefsen sich hieran sofort andere, wegen
Aehnlichkeit kaum zu trennende, Erscheinungen
lein da sie gleich nahe einer andern Classe von
zugehören, so wollen wir sie in diesen neuen Ab
überziehn. Ueberhaupt sind in der Natur keine
grenzungen vorhanden und die Anordnung unter
theilungen dient daher blofs dazu, die Sache übers
machen und ihre Auffassung zu erleichtern. Zude
die Frage noch nicht erörtert, ob die Phänomene
erzeugung durch Chemismus wirklich unter ein
Classe zu ordnen sind oder vielmehr der allgemei
ren, welche die Wärmeerzeugung durch Verdi
schliefst.

135) Der Begriff, den wir mit dem Ausdruck
verbinden, ist oben angegeben worden, und die Rich
Bestimmung, nämlich einer energischen Verbindun
pern mit Ausscheidung von Licht und Wärme, un
keinem eigentlichen Zweifel. Stellen wir densell
Allgemeinheit auf, so gehören alle die angegeben
wobei Licht und Wärme ausgeschieden werden, un
meinschaftliche Classe, ja sofern die Lichtentwickel
nen höhern Grad von Wärmeerzeugung, einer bis
gesteigerten, voraussetzt, hierdurch aber eine Gren
keineswegs nothwendig ist, und da man ohnehin

Digitized by Google

ocefs der thierischen Wärmeentwickelung mehrfach als ein
gsames Verbrennen betrachten wollte, so würden alle bisher
nannten Phänomene der Wärmeerzeugung durch Verbindung
n zwei oder mehrern Körpern unter die allgemeine Classe
r Verbrennungen zu zählen seyn, was in rein wissenschaft-
her Hinsicht wohl nicht verwerflich wäre. Dem Sprachge-
auche nach versteht man aber unter Verbrennungsprocessen in
gerer Bedeutung nur diejenigen, wobei der eine oder beide
einte Körper insofern zerstört werden, als sie ihre wesent-
hen Eigenschaften verlieren und zur Erzeugung eines oder
hrerer anderer Körper von abweichender Beschaffenheit die-
n. Nehmen wir den Ausdruck in noch engerer Bedeutung,
bezeichnet man durch Verbrennen *diejenigen Phänomene,*
i *denen irgend eine Basis durch Sauerstoff gesäuert wird,*
enn *zugleich der Procefs der Verbindung oder Säuerung*
it *Erzeugung von Wärme und meistens auch von Licht*
rbunden *ist*[1]. Beschränken wir uns blofs auf die hierher

---

1 Dafs eine scharfe Begrenzung unstatthaft sey, ergiebt sich
genblicklich durch Nebeneinanderstellung einiger Thatsachen. Wenn
an eine Uhrfeder oder einen Stahldraht unten zuspitzt, mit einem
ückchen entzündeten Schwammes versieht und in eine Flasche mit
auerstoffgas senkt, so tritt ein rasches Verbrennen mit Funkensprühen
in, aber eben dieses erfolgt auch in einer Flasche mit erwärmtem Chlor-
as, und man mufs daher auch dieses Phänomen als ein wirkliches
erbrennen betrachten, ungeachtet kein Sauerstoffgas vorhanden ist.
ierher gehören ferner die zahlreichen Versuche, welche H. Davy über
e Verbindungen des Chlors mit verschiedenen Metallen angestellt
t, s. Philos. Trans. 1811, daraus in Schweigger's Journ. Th. III. S. 205,
eichen die von L. A. v. Meeraten und S. Strating über das Ver-
rennen der Metalle und sonstiger Substanzen in diesem Gase. S.
chweigger's Journ. Th. III. S. 437. Auch auf Phosphor wirkt das
hlor auf gleiche Weise, und vertritt also das Sauerstoffgas. Appa-
te zu diesen Versuchen findet man beschrieben in: Laboratorium
eft XXV. Taf. 100. Ebenso mufs die durch Berzelius in G. XXXVII.
59 angegebene Verbindung des Schwefels mit Kupfer in den von ihm
itgetheilten Versuchen, welche beiläufig mit den im J. 1793 von den
ollandischen Physikern angestellten identisch sind, s. v. Crell's
hem. Ann. 1793. P. II. S. 583, als ein wirkliches Verbrennen betrach-
et werden. Beim Glühen von Kupferblechen mit Schwefel in einer
etorte ging die Verbindung beider Körper noch vor Eintritt der
Glühhitze so vor sich, als wenn das Metall in Sauerstoffgas verbrannt
worden wäre. Auf ähnliche Weise sah Hare Eisendraht in Schwefeldampf
mit lebhafter Flamme sich in Schwefeleisen verwandeln. Er füllte Schwe-

Digitized by Google

gehörigen Phänomene, so ist deren Zahl so ungemein
sie sind so vielseitig bedingt und so vielfach modificir
sie allerdings die ihnen hier bestimmte nähere Betrachtu
dienen. Wir wollen daher von diesem Standpuncte
Bedingungen des Verbrennens in diesem engern Sinn
kennen lernen.

136) *a*) Die erste wesentliche Bedingung des Verb
ist die gröfsere oder geringere *Verwandtschaft zum Sa*
die zwar zugleich sehr von der Temperatur abhängt
wollen wir den Einfluſs der letztern für sich betrachten
Abhängigkeit des Verbrennens von der Verwandtsch
Körper zum Sauerstoff zeigt sich nach H. Davy[1] du
genden Versuch. Wenn man in eine Flasche mit lan
gen Halse eine brennende Wachskerze senkt, so wird
ausgehn und keine andere wegen Mangels an Sauerstoff
weiter brennen. Senkt man demnächst eine enge Rö
einem Strome brennenden Wasserstoffgases hinein, so wi
noch eine Zeit lang brennen und dann aus gleicher
erlöschen. Dennoch brennt Schwefel auch nachher d
was, und wenn dieser erloschen ist, noch Phosphor
nigem Lichte. Welche Körper die gröfste Verwandtsch
Sauerstoff haben und in welcher Reihenfolge diese a
dürfte schwer zu bestimmen seyn, sofern hierbei die
von grofsem Einfluſs ist, indem namentlich das Eisen
ker Glühhitze dem Kali seinen Sauerstoff entzieht, obg
in niedrigerer Temperatur das Wasser nicht zersetzt, wa
Kalium geschieht; inzwischen kommt es hier auf eine
Grenzscheidung nicht an, sofern sich in mittlerer Temper
gröfsere Verwandtschaft zu Sauerstoff und die hierdu
dingte leichtere Verbrennung auffallend herausstellt. Zu
leichtesten verbrennenden Körpern gehören die Metalloi
Kalium und *Natrium*, die schwer oder gar nicht redu
Metalle, als Magnium, die zum Theil noch nicht für si

---

fel in einen Flintenlauf, brachte das untere Ende desselben z
hen, verschlofs das obere Ende mit einem Korke oder blies
es wurde dadurch ein Strom Schwefeldampf aus dem Zündlo
trieben und ein Bündel hineingehaltenen Eisendrahtes verbra
genblicklich. S. Philos. Magaz. 1824. Apr. p. 245.

1 Philos. Trans. 1817. p. 63.

Digitized by Google

ellten Grundlagen der Erden, das Boron und andere. Setzt ein Stück Kalium dem Zutritte der atmosphärischen Luft so nimmt es sofort Sauerstoffgas auf, allein nicht schnell ng, um bis zum Brennen erhitzt zu werden, wirft man es auf Wasser, so zersetzt es dieses so lebhaft, dafs es mit röthlich violetten Farbe unter heftiger Bewegung schnell rennt.

137) Zu den starke Verwandtschaft zum Sauerstoff zei- Körpern gehört vorzüglich auch der *Phosphor*, welcher Luft liegend selbst bei einer Temperatur von 7° C. Sauer- aufnimmt, damit phosphorige Säure bildet und, indem als weifser Dampf aufsteigt, mit schwachem, nur im eln wahrnehmbaren Lichte so lange verzehrt wird, bis umgebende Säure den Zutritt der Luft hindert. Die eerzeugung ist hierbei schwach (§. 166), weil die ent- ale Wärme zur Erzeugung der Dampfform der gebildeten verwandt wird. Man kann daher ohne Gefahr bei nicht her Temperatur, die eine Entzündung der ganzen Phos- nge verursachen und eine gefährliche Verletzung der nach sich ziehn könnte, Hände und Gesicht mit Phos- iben, so dafs weifser Dampf aufsteigt und im Dunkeln les Leuchten wahrnehmbar wird. Uebrigens entzündet er Phosphor leicht durch Reiben an rauhen Flächen, wol- Zeuchen, gesandeltem Papiere u. s. w. und theilt dann ntzündung leicht verbrennlichen Körpern mit, weswegen n zu *Zündhölzchen* verwendet. Die Mischungen, welche eine Ende der tannenen Stäbchen angebracht sind, um ünden durch Reiben am gewöhnlichen Fufsboden, an hsohlen, an der Wand, selbst wenn sie tapezirt ist, aber an einem durch Sandelung rauh gemachten Theile Einschliefsen der Hölzchen dienenden Feuerzeuge her- ngen, werden von den Fabricanten verschieden ge- nd die meisten machen ein Geheimnifs daraus, im chen aber kommt es darauf an, dafs der Phosphor fein sey, weil er die kostbarste Substanz bei diesen höchst n Fabricaten ist und dann zugleich besser zündet. tauche man daher die Enden der Hölzchen in ge- nen Schwefel und nachher in die zum Anhalten vor- t erwärmte zündende Mischung, welche im Wesentli- Phosphor und Benzoe besteht. Der entzündete Phos-

phor setzt den Schwefel in Brand und dieser das Ho
breitet aber einen unangenehmen Geruch, und man
daher bei den bessern weg, die deswegen geruchl
wohlriechende heifsen. Eine geeignete Mischung, die
gegeben finde[1], besteht aus 1 Th. trocknes Korkfeilich
gelbes Wachs, 8 Th. gewöhnliches Petroleum und 4 T
phor. Ist der geschmolzene Phosphor wieder erk
nimmt man mit einem Schwefelhölzchen etwas vo
Masse heraus, so erfolgt Entzündung des fein vertheil
phors. Diese neuern, ungleich bequemern Feuerzeu
die ältern, obendrein etwas gefährlichen, verdrängt, n
das sogenannte *tragbare Feuer* und die *Turiner Ker*
steres ist ein Fläschchen mit Eisenfeilicht, Sand und
asche, oben mit einer dünnen Schicht fest angedrück
phors, auf welcher man den in ein Pulver von Sch
Bärlappsamen getauchten Docht einer Kerze reibt, die
von Paibla in Turin erfunden[2], sind dünne, polirte
kerzen, die in einer oben und unten zugeschmolzen
röhre stecken, in welche man zuvor etwas Phos
Schwefel gebracht hat. Beim Gebrauche zerbricht
Röhre und zieht die Kerze heraus, die sich durch
reifsen ihres mit der brennbaren Mischung vereinten
entzündet, auch erfolgt dieses mehrmals nach einand
man die Kerze schnell wieder in die Röhre steckt, j
so lange, bis der Phosphor verzehrt ist. Nach D
entzündet sich der Phosphor, wenn er an der Oberflä
oxydirt ist, beim Zutritt atmosphärischer Luft selbst in e
unter dem Gefrierpuncte. Hiernach werden Feuerzeu
tet, indem man etwas Phosphor in einem Gläschen
zünden läfst, das Gläschen aber sofort durch eine
schliefsenden, mit etwas Unschlitt überstrichenen G
verschliefst, in einer eisernen Büchse verwahrt und
brauche nur kurze Zeit geöffnet läfst. Nimmt man
Schwefelhölzchen etwas Phosphor heraus, so entzü
dieser sogleich beim Zutritt der Luft; doch steht di

1 Schweigger's Journ. 1830. St. 111. S. 129.

2 V. Crell's neueste Entdeckungen. Th. IX. S. 88.
verm. Schr. von Molitor. Th. I. S. 228.

3 G. LIX. 255.

Digitized by Google

Aufbewahrung einer so leicht feuerfangenden Substanz und üble Geruch bei vorhandenen bessern Mitteln dem prakti- n Gebrauche entgegen. Phosphor verbindet sich in ge- nlicher Temperatur mit Iod unter beträchtlicher Wärme- indung, die häufig eine Entzündung zur Folge hat[1], und AR GOZZANIGA[2] findet es auffallend, dafs diese auch bei 12°,5 C. erfolgen kann, welche Meinung jedoch Andere[3] lt theilen.

Eine merkwürdige Erfahrung machte VAN MARUM[4] bereits Jahre 1794, dafs nämlich Phosphor lose in Baumwolle ge- elt und mit Harzpulver bestreuet unter der Campane einer pumpe beim Exantliren sich entzündet, und zwar wenn das uum bis auf 1 Zoll oder einen halben Zoll hergestellt ist, m zuerst ein etwas stärkeres Leuchten und dann ein Ver- nen eintritt, welches sich nach dem Wiedereinlassen von s Luft erneuert, wenn es durch Mangel an vorhandenem rstoffgas aufgehört hat. Später machte VAN BEMMELEN[5] Resultate seiner Versuche bekannt, welche, wie die h KOSING[6] erhaltenen, mit denen des ersten Entdeckers n übereinstimmen, denn Beide erhielten die Entzündung dann, wenn die kleinen Phosphorstangen in Baumwolle t eingewickelt und mit Harzstaub oder Schwefelpulver be- et waren, oder wenn die Bestreuung auch ohne Baum- lle statt fand. Neuerdings wiederholte BACHE[7] diese Ver- he, und erhielt die Entzündung auch ohne Baumwolle und reuung mit Harz- oder Schwefelpulver, leichter erfolgte jedoch bei der Anwendung dieser und anderer theils me- scher, theils nicht metallischer Körper.

---

1 TRAILL in Ann. of Phil. T. VIII. p. 153.

2 Annali di Scienze del Regno Lomb. Ven. 1833.

3 S. Biblioth. univ. 1833. Oct. p. 130.

4 KASTELEYN chemische Oefeningen. T. III. p. 249. V. MARUM cription de quelques Appareils chimiques du Musée de TEYLER, X. p. 40, daraus in Ann. de Chim. T. XXI. p. 158 u. in Gren ibers. Th. III. S. 96. Gehlen's Journ. Th. I. S. 144. Th. II. 52.

5 G. LIX. 268.

6 Nieuive Verhandelingen van Zeeuwsch Genootschap. T. IV. 2.

7 Silliman Amer. Journ. of Sc. N. XXXVIII. p. 372. Edinb. n. of Science. New Ser. N. VIII. p. 370.

Man hat mehrseitig Schwierigkeiten gefunden, genügenden Erklärung dieses Phänomens entgegenste die sich auf den ersten Anblick darbieten, wenn man nem anderweitig richtigen Grundsatze ausgeht, dafs handene gröfsere Menge von Sauerstoffgas das Brenne dert, mithin die verdünnte Luft einen geringern Ant selben darbietet und einen entgegengesetzten Effect bringen mufs; allein schon VAN MARUM betrachtete aus dem richtigen Gesichtspuncte, dafs zwar diese Hi des Verbrennens allerdings vorhanden sind, aber durc sich neu erzeugende Beförderungsmittel bedeutend ü werden. Der Phosphor verdampft schon bei mittlerer ratur[1], diese Verdampfung erfolgt aber im luftverdünn me nicht blofs leichter, sondern der Dampf ist auc schneller Ausbreitung dünner, die darin enthaltenen chen sind kleiner, bieten dem geringen Antheil des v nen Sauerstoffgases verhältnifsmäfsig mehr Oberfläche entzünden sich daher leichter. Die Richtigkeit diese geht überzeugend aus verschiedenen, von VAN MAR unbeachtet gelassenen Nebenbedingungen der Erschein vor. Ein bedeutendes Beförderungsmittel des Entzün ben dann aber die lockern Substanzen, als Baumwoll Fäden nach DAVY dem feinen Platindraht ähnlich wi wie auch Schwefel, Harz und die sonstigen von BA wandten Substanzen in Pulverform. Der Phosphord sich an dieselben an, und nicht zu gedenken, dafs d phor durch feine Vertheilung zwischen andere K Schwefel, Iod u. s. w., überhaupt entzündlicher wird, der Phosphordampf an die kleinen, nur eine gering capacität besitzenden Partikelchen in sehr dünnen L diese nehmen den in geringer Menge vorhandenen begierig auf und bewirken die Entzündung um so je weniger die erzeugte Wärme durch dickere Luft wird. Zudem geht man stets von der Voraussetzung erst nach statt gefundener Verdünnung die Verbindung in geringer Menge vorhandenen Sauerstoffgas begin bei der innigen Verwandtschaft beider Körper zu ei der Phosphor schon vorher eine gewisse Menge Sauer

1 L. GMELIN's Handbuch der Chemie. Th. I. S. 271.

Digitized by Google

ommen[1], beide Körper verbinden sich aber inniger im Augenke der rascheren Verdampfung, und hierdurch wird die Ausidung der Wärme, die Verbrennung bewirkt. Es hängt dieses einer andern, vermuthlich auf ähnlichen Gründen beruhenThatsache zusammen, dafs der Phosphor in verdünntem erstoffgas, sey dieses durch Beimischung anderer Gasoder verminderten Druck, leichter und stärker leuchtet, in dichterem[2].

138) *Wasserstoffgas* und viel Wasserstoff enthaltende Körhaben die gröfste Verwandtschaft zum Sauerstoff, und eine indung von 2 Volumen Wasserstoffgas mit 1 Volumen erstoffgas könnte füglich zu den Selbstzündern durch meischen Druck gerechnet werden, denn das sogenannte allgas entzündet sich im Tachopyrion mit heftiger Explo, so wie dieses auch durch den elektrischen Funken gecht. Hierauf beruht das lebhafte Verbrennen derjenigen stanzen, welche viel Wasserstoff enthalten; am auffallendzeigt sich aber die Vereinigung des Wasserstoffs mit erstoff in allen den Phänomenen, welche sich dem Glühn *Lampen ohne Flamme* anreihen lassen. Die Construction r *Glühlämpchen* (aphlogistic Lamp) ist am gehörigen beschrieben worden[3], hier müssen aber die Erscheinungen, sie darbieten, mit den allgemeinen Gesetzen der Wärme in mmenhang gebracht werden. Der Procefs des Verbrennens war nichts anderes, als eine unter Ausscheidung von Licht Wärme vorgehende Verbindung der verschiedenen brennKörper mit Sauerstoff, allein diese Verbindung geht auch elen Fallen so langsam und mit so geringer Energie vor dafs keine mefsbare Wärme dabei frei wird, wie dieses amentlich bei der Oxydirung der Metalle zeigt. Wärme gleich ein vorzügliches Beförderungsmittel dieser Verbin, wie H. Davy[4] gezeigt hat, welcher Knallgas bis etwa Siedehitze des Quecksilbers erhitzte und fand, dafs es

---

Wahrscheinlich befindet sich auch ein geringer Theil verdichLuft in den lockeren Substanzen angehäuft, die den Phosphor llen und ihm zur Unterlage dienen.

Schweigger's Journ. Th. XL. S. 16.

S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 72.

Philos. Trans. 1817. p. 57.

Digitized by Google

sich dann zu Wasser verdichtete, so wie Kohle und
stoff in einer etwas höhern Temperatur zur Kohlensäur
bei ist jedoch stets die Geneigtheit zum eigentlichern
nen unverkennbar vorhanden, und wenn man daher ein
per von geringer Wärmecapacität, wozu sich Platin
weise eignet, dem Einflusse dieser Verbindungen ausse
dem man ihn zugleich fähig macht, dieselben seine
befördern, so wird die erzeugte Wärme hierdurch sich
Vorschein kommen, wie dieses namentlich bei den Gl
chen der Fall ist. H. Davy[1] entdeckte dieses bei sei
suchen, die Explosionen des entzündlichen Gases der
minen zu verhüten, indem er fand, dafs heifsgewor
webe von feinem Platindraht in solchen Gasarten z
fortfuhren und wieder anfingen, wenn sie auch etwas
waren. Andere explodirende Gasgemenge zeigten ei
chen Erfolg, und ebenso die Dämpfe von Aether,
Terpentinöl und Naphtha, unter denen die beiden e
zu Versuchen am besten eignen. Gieſst man daher ein
pfen Aether in ein kaltes oder Alkohol in ein war
und hält einige Windungen Platindraht von $\frac{1}{50}$ oder
Durchmesser nach vorgängiger Erhitzung darüber, s
diese zu glühen anfangen und fortfahren, bis die F
verdunstet ist, mit einem im Finstern sichtbaren zart
über dem Drahte und unter Erzeugung einer eigen
Der Versuch gelang ihm blofs mit Platin- und Pallad
welche beide eine geringe Wärmecapacität haben, d
man statt des Drahtes auch dünne Bleche nehmen.

Die ursprüngliche Erfindung Davy's hat im Ve
Zeit eine Menge Anwendungen und Abänderungen
wozu auch Döbereiner's[2] *Platinschwamm* und desse
zeug gehören, wovon wir aber hier nur die meisten u
tigsten, mitunter blofs historisch, erwähnen wollen
Hauptsache, nämlich die Beziehung zur Wärmelehre
(§. 134) aufgestellt worden ist. Erman[3] vergröfserte de
Glühapparat bedeutend, indem er auf einen frisch ab

1 Philos. Trans. 1817. p. 78. Journ. de Phys. T.
p. 308.

2 G. LXXIV. 269.

3 Berliner Denkschriften 1818. S. 362.

Digitized by Google

en, in Weingeist tauchenden Docht einen Ring von 4 Lin. chmesser und 1 Lin. Höhe aus Gewinden des feinsten htes stellte, auf diesen einen Rost aus dünnem Platinblech und auf diesen endlich 4 bis 5 concentrische Cylinder Platindraht, von gröfserer oder geringerer Dicke, deren ischenräume mit einzelnen Drahtenden ausgefüllt waren. urde das Ganze durch eine Stichflamme einer Weingeistlam- zum Glühen gebracht, so gerieth der Weingeist ins Sieden, stark glühende Draht zündete Schwamm in 2 Lin. Entfer- g, verkohlte Papier, brachte Wasser zum Sieden und an einem übergehaltenen Bleche eine Menge saurer igkeit ab. Erhitzte Windungen von feinem Platindraht feine Platinbleche äufsern ihre Wirkung nicht blofs auf llgas und die eben genannten Dämpfe, sondern auch auf viel Wasserstoff enthaltende Mischungen und leicht ver- fbare Körper. In Beziehung auf verdampfenden Kampher kte dieses DAVY[1] bereits 1818, STRATING[2] aber giebt man dürfe nur ein Stück Platinschwamm auf Kampher le- letztern entzünden und beim Glühen des Schwammes asen, so würde dieser fortglühn und der Kampher durch- werden. Merkwürdig ist, dafs der Platinschwamm, wel- sich so energisch gegen Knallgas zeigt, auf andere was- offgashaltige Gasarten mit geringerer Kraft wirkt, als er- dünne Bleche, wie DÖBEREINER[3] bemerkt hat, HENRY[4] untersuchte ausführlich die Einwirkung des Platinschwam- auf die verschiedenen gasförmigen Mischungen, wozu noch bekannt hinzugefügt werden kann, dafs kleine Kügelchen Thon und feinem metallischen Platin als *eudiometrisches tel* angewandt werden.

139) Die Versuche der Gelehrten erstreckten sich nicht auf die verschiedenen Gasarten und Dämpfe, die sich h metallisches Platin nach DAVY oder durch Platinschwamm h DÖBEREINER mit Sauerstoffgas vereinigen lassen, sondern suchten auch auszumitteln, welche andere Körper, wenn

1 G. LXV. 84.
2 Journ. de Pharmacie 1825. Avril. p. 195.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. XXIV. et XXVI.
4 Philos. Transactions. 1824. p. 266. Vergl. Annals of Philos. T. p. 416.

Digitized by Google

auch mit einigen Modificationen, die nämliche Wirku
vorbringen. Schübler[1] fand, dafs Alkohol von 0,
Gewicht 32° oder 38° C. Temperatur haben müsse, w
Dampf dünnes Platinblech glühend erhalten sollte,
andere Metalle sich hierzu nicht eigneten, Andern[2] ge
Versuch mit Alkohol, Schwefeläther und Naphtha von
nur durfte der Aether nicht höchst rectificirt seyn, und
felkohlenstoff entzündete sich selbst durch den glühen
tindraht. V. Yelin[3] liefs ein Löckchen des feinste
drahtes vermittelst eines Korkes auf Alkohol schwimme
marsch[4] stellte dasselbe sehr zweckmäfsig auf einer
welcher über den Rand eines kleinen Medicinglases
ragte, und erhielt befriedigende Resultate mit Weinge
ther, Terpentinöl, rectificirtem Petroleum, Bergamo
Kampher. Schon früher wollte Juch[5] gefunden hab
aufser Platin kein Metall die Erscheinung zeige, Kar
aber erhielt dieselbe mit Silberdraht, jedoch nur sch
Messing-, Kupfer-, Eisen- und Stahldraht; Goldd
schmolz augenblicklich. Döbereiner selbst fand[7], d
andere fein vertheilte Metalle im Dampfe des absolute
hols zu glühen fortfahren, als gepulverter Braunstein,
staub oder Nickeloxyd, Kobaltstaub oder Kobaltoxyd
oxyd, Zinnoxyd und andere; ja er bemerkte[8], dafs d
verkohlte Ende des Dochtes einer Weingeistlampe z
fortfuhr, nachdem die Lampe aus Mangel an Weinge
schen war; als er aber vorsichtig neuen absoluten Al
die Lampe gebracht hatte, dauerte dieses Glühen 2
den fort.

Mit gebührender Aufmerksamkeit wurden von d
schiedensten Gelehrten die interessanten Eigenschaften d
Döbereiner entdeckten Platinschwammes beachtet. U

1 Schweigger's Journ. Th. XX. S. 199.
2 Bibliothèque univ. 1817. Févr.
3 Hermbstädt's Museum. Th. XV. Heft 2.
4 G. LXXV. 83.
5 Dingler's polyt. Journ. Th. I. Heft 1.
6 G. LXXV. 83.
7 Schweigger's Journ. Th. XXXIV. S. 91.
8 G. LXXIV. 274.

Digitized by Google

wiederholten Dülong und Thénard[1] seine Versuche schon unmittelbar nach ihrer Bekanntwerdung, und fanden, dafs dickere Platindrähte oder Stückchen dieses Metalles bei er Temperatur zwar keine Explosion des Knallgases, wohl eine Vereinigung desselben zu Wasser bewirken, und dafs adium als schwammige Masse dem Platin in seiner Wir- ziemlich gleich ist, Rhodium, Iridium, Osmium, Ko- Nickel, Gold und Silber aber nur durch höhere Tem- ähnliche Erfolge herbeiführen. Selbst nichtmetallische er, als Kohle, Bimsstein, Glas, Porcellan und Bergkry- zeigen sich in erhöheter, den Siedepunct des Quecksil- jedoch nicht erreichender Temperatur in geringerem Grade am. Das Palladium wurde in Beziehung auf diese Eigen- näher untersucht durch Pleischl[2], Garden[3] nahm die dung des Knallgases durch Iridium, Fischer[4] die durch dinmpulver wahr, und dafs auch andere Gasgemenge, als gasför- Kohlenoxyd und Sauerstoffgas, ölbildendes Gas und Sauer- gas, durch Platinschwamm disponirt werden sich zu verbinden, tergas und Wasserstoffgas sich aber in Wasser und Ammoniak andeln, auch oxydirtes Stickgas und Wasserstoffgas einer Ein- ung desselben unterworfen sind, entdeckten Dulong und Thé- schon bei ihren ersten Versuchen. So wurden also die inter- ten Entdeckungen Davy's und Döbereiner's überall, auch en nicht ausgenommen[5], mit der ihrer Wichtigkeit gebüh- en Aufmerksamkeit aufgenommen, rücksichtlich ihrer Er- ung aber schwankte man zwischen der elektrischen und der anischen Hypothese. Erman[6] war geneigt, sich für die re zu erklären, ebenso Schweigger[7] und im Ganzen wohl ff[8], G. G. Schmidt und Andere; allein die überwiegen-

1 Ann. Chim. et Phys. T. XXIII. p. 442. T. XXIV. p. 380. J. Schweigger's Journ. Th. XL. S. 229.

2 G. LXXVI. 98.

3 Annals of Philos. 1823. Dec. p. 466. Schweigger's Journ. Th. S. 115.

4 Bullet. der naturf. Section der schles. Ges. für vaterländ. ur. 1824, N. 1.

5 Brugnatelli Annali cet. 1826. p. 46.

6 Berliner Denkschriften 1818, S. 270 u. 271.

7 Dessen Jahrbuch Th. XXXIX. S. 2.

8 Ebendaselbst Th. XL. S. 1 ff.

Digitized by Google

den Gründe, welche für die letztere entscheiden, s
bereits nach LIEBIG angegeben worden. Ohne bei der
chen Entdeckung stehn zu bleiben, hat DÖBEREINER[1]
auf diese Weise statt findende unerwartet grofse Wär
dung, welche sich bei dem fast noch wirksameren Iri
auffallendsten dadurch zeigt, dafs dasselbe in feinste
form auf mit Alkohol benetztes Papier gestreuet fa
blicklich mit Zischen erglüht, so wie nicht minder d
tungsart der hierzu am meisten geeigneten Formen de
denden Metalle und die Zusammensetzung der erzeu
ducte mit gewohnter Gründlichkeit untersucht und
technische Bereitung des Essigs angewandt.

140) Zum Schlusse dieser Untersuchungen mö
noch einige nahe liegende Bemerkungen Platz finden.
serstoffgas und viel Wasserstoff enthaltende Körper,
lich in Dampfform, zeigen ein vorzügliches Bestreb
mit Sauerstoff zu verbinden, wobei dann wegen gro
mischer Energie Wärme in geringerem oder (meistens) in
Grade frei wird. Wenn man daher nach DÖBEREINER
in eine Schale tröpfelt, die in siedendem Wasser s
durch siedendheifse Wasserdämpfe warm erhalten wird
wahrt man im Dunkeln eine sehr blasse, wenig leucht
nicht zündende Flamme. Die Tropfen rotiren, wie
DENFROST's Versuche, und der Geruch zeigt, dafs d
Flamme *Sauerstoffäther* und *Aetherlampensäure* gebil
Diesem ähnlich ist eine Beobachtung von WILLIAMS
bei gewöhnlichen Kerzen, wenn man dem langen Do
selben etwas Fett zuführt, wodurch die Flamme wäc
vorhandene Verkohlung, und sie dann ausbläst, ein
resciren statt findet und eine Säure sich durch den
kenntlich macht. MARTENS[4] giebt folgende Vorrich
durch die ein Platinlöckchen lange glühend erhalten w
nimmt eine Phiole von 2 bis 4 Pinten Inhalt mit wei
nung, erwärmt ihren Boden zwischen 30° bis 50° C

1 Schweigger-Seidel's n. Jahrbuch Th. III. S. 365. Vergl
dorff's Ann. XXIV. 603.

2 Journal für praktische Chemie. N. I. S. 75.

3 Annals of Philos. T. VI. p. 44.

4 Bulletin de l'Acad. R. de Bruxelles. 1836. N. XI. p. 4

Digitized by Google

dünne Schicht Alkohol hinein, und senkt bis etwa 1 Zoll Boden entfernt ein Platindrahtlöckchen aus Draht von $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser, an einem dickeren Drahte be-, dessen anderes Ende in einem Stückchen Karte , so in das Innere derselben hinab, dafs das Karten- die Mündung bedeckt. Ist das Löckchen vorher in einer geistflamme zum Glühn erhitzt, so fährt es fort zu glühn, ers zunehmend, auch entsteht, wenn der Alkohol zu gemacht war, zuweilen eine nicht eben gefährliche Ex-. Das Glühn dauert einige Stunden fort, wenn der der Flasche 25° bis 35° warm erhalten und zuweilen hineingeblasen wird. An den innern Wandungen sam- sich eine Flüssigkeit, vorzüglich wenn die Flasche oben ungelegte, mit Wasser genäfste, Leinwand kalt erhalten , die nach MARTENS keine Lampensäure enthält[1]. Will dieses Product nicht sammeln, sondern ist es blofs um lange anhaltendes Glühn zu thun, so wählt man eine le, die unten mit einem Tubulus versehn ist, damit stets sphärische Luft eindringen und neues Sauerstoffgas zufüh- kann. GEORGE MERRYWEATHER[2] endlich hat DÖBEREI- 's Platinschwamm zur Construction einer *Lampe ohne* mme[3] oder einer *aphlogistischen Lampe* benutzt, und es erliegt wohl keinem Zweifel, dafs diese unter allen angege- en am zweckmäfsigsten sey. Die blofse Zeichnung derselben Fig. 42. t einen so deutlichen Begriff, dafs es kaum einer Beschreibung rf. Eine gewöhnliche zinnene Lampe mit einem obern, des rzuges wegen durchbohrten Ringe wird durch die Röhre E Weingeist gefüllt. In der Mitte erhebt sich eine kleine hohle le, worin sich der Docht D befindet, den man am obern e aus einander biegt und um den Rand legt. In seine Mitte d der feine Platindraht gesteckt, welcher am obern Ende die el von Platinschwamm C trägt, die nach dem Entzünden Wiederauslöschen des Weingeists zu glühen fortfährt und en äufsern Luftzug durch den übergestürzten Glaskegel A B chert ist.

---

1 Sauerstoffäther. S. DÖBEREINER in Poggendorff's Ann. XXIV.

2 Edinburgh N. Philos. Journ. N. XX. p. 359.

3 S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 72.

Digitized by Google

141) Unter die dem Sauerstoff sehr verwandten und
leicht verbrennlichen Körper gehört ferner der *Schwefel*,
cher eben daher in kleinen Massen häufig zur Entzü
kleiner Hölzchen dient; weil er aber das Sauerstoffgas in
fser Menge sehr begierig aufnimmt und die sich in Da
gestalt verbreitende schweflige Säure, die beim Verbr
desselben den erstickenden Geruch erzeugt, das vorha
Sauerstoffgas mit grofser Energie an sich reifst, um in Sc
felsäure verwandelt zu werden, so wird dadurch der Fo
des Verbrennens wieder gehindert und Schwefel, in gro
Massen entzündet, erlischt daher von selbst. Wird er in
nen Quantitäten im Sauerstoffgas entzündet, so gewah
sein starkes Verbrennen mit grellem weifsen, ins Blau
gehenden Lichte. Die *Kohle* gehört unter die am stä
verbrennlichen Substanzen, weil sie den Sauerstoff mit g
Begierde aufnimmt. Bei ihr kommt aber die Temperatu
in Betrachtung und zugleich auch der Aggregatzustand,
sich der Kohlenstoff befindet. Ist letzterer ein lockerer,
beim Kohlenpulver und Kienrufs, so verbreitet sich das
nen begierig durch die ganze Masse; ist er aber ein feste
bei den härtern Kohlen, dem Anthracit und noch mehr
Diamant, so hat das Verbrennen grofse Schwierigkeiten,
die Kohlen erlöschen von selbst, ungeachtet viel Kohle
im lockeren Zustande enthaltende Körper, als Dünger, fr
Stroh u. s. w., zu den oben (§. 127) angegebenen Selbs
dern gehören. *Diamant* dagegen und *Graphit*, obgleich
reiner Kohlenstoff, sind im höchsten Grade unverbr
und können nur im Focus grofser Brenngläser oder im K
gasgebläse verbrannt werden. Unter den *Metallen* haben
nige eine so grofse Verwandtschaft zum Sauerstoff, dafs s
kaum oder gar nicht davon trennen lassen, andere wer
nen leichter, z. B. Wismuth, Antimon, *Eisen* u. s. w. D
teres Metall hat eine durch Hitze sehr zu steigernde Ver
schaft zum Sauerstoff, und verbrennt daher, wenn es w
glühend gemacht ist, in einem starken Luftstrome von
Beverley[1] in London entdeckte dieses und fand es auffa
dafs ein kalter Luftstrom eine solche Wirkung haben k

1 Journal de Chimie médicale 1834. Avril. p. 212. L'Institut
XLII. p. 71. Poggendorff's Ann. XXXI. 496.

Digitized by Google

te die Thatsache an D'Arcet, welcher den Versuch mit
; wiederholte, ja das Verbrennen eines weifsglühenden
stabes mit Funkensprühen dauert fort, wenn man ihn
ll in der Luft herumschwingt. Beide Methoden, entweder
starken kalten Luftstrom gegen das Eisen zu blasen, oder
be schnell in der Luft herumzuschwingen, sind seitdem
günstigem Erfolge mehrseitig durch Richard Phillips und
ter Addams wiederholt worden[1], jedoch mufs das Eisen sehr
weifsglühen, um im Zustande des Verbrennens zu bleiben
stark Funken zu sprühen, weil es im Gegentheil sonst
ll erkaltet. Die Ursache liegt offenbar darin, dafs stark
glühendes Eisen grofse Affinität zum Sauerstoff hat und
durch rasches Verbrennen die abkühlende Wirkung des
ftroms aufhebt. Die äufserste Grenze bildet wohl ohne
fel das Platin, welches zwar im Knallgasgebläse mit
nsprühen im Flufs bleibt, aber dennoch seinen Metallglanz
verliert.

142) *β)* Die zweite Bedingung des Verbrennens, in der genommenen engeren Bedeutung, ist die ***Menge des vorhandenen oder entwickelten Sauerstoffgases.*** Ist gar kein stoffgas vorhanden und der Zutritt desselben gänzlich abgeschnitten, so ist schon der Natur der Sache nach gar kein Verbrennen, auch selbst der verbrennlichsten Substanzen, mehr Eisen und selbst Phosphor, Kalium, so wie die sonstigen verbrennlichsten Substanzen können daher im reinen Stickstoff- und Wasserstoffgas nicht verbrannt werden. Für Wasserstoffgas läfst sich dieses durch einen artigen Versuch anschaulich machen. Füllt man eine etwas grofse gläserne Flasche mit kurzem Halse und etwas weiter Oeffnung voll Wasserstoffgas, und hält man sie mit der Mündung nach unten gekehrt so, dafs das leichtere Gas in ihr ohne eindringende atmosphärische Luft bleibt, so kann man mit einer brennenden Kerze das Gas am unteren Rande der Oeffnung entzünden; im Innern der Flasche wird die Kerze erlöschen, beim Herabziehen aber an dem unten fortbrennenden Wasserstoffgas wieder entzündet werden, und so kann man dieses Entzünden und Auslöschen mit Vorsicht etliche Male wiederholen, mufs

[1] London and Edinb. Phil. Mag. N. LXVIII. p. 407. N. LXIX. 66. Bibl. univ. 1838. Janv. p. 195.

Digitized by Google

dann aber die Mündung der stets lothrecht gehalte
wieder unter das Sperrwasser bringen, um eine sons
Explosion zu vermeiden. Füllt man umgekehrt ein
tes Glas mit Kohlensäure und bedeckt man dassel
Wegnehmen aus der pneumatischen Wanne mit
schliefsenden Glasplatte so, dafs es sich umkehr
Platte wegziehen läfst, ohne Eindringen von atm
Luft, so wird die Flamme einer in das schwerer
gesenkten Kerze erlöschen, ja das schwerere Gas lä
Vorsicht aus dem ersten Glase in ein zweites gie
diesem der Versuch wiederholen. Ebenso wird ein
phor in einem kleinen Platinlöffel liegend, we
schnell in die Mitte der grofsen und breiten Fl
Weingeistlampe bringt, zwar schmelzen und stark
sich aber nicht entzünden, weil die umgebende F
von aufsen zuströmende Sauerstoffgas verzehrt. A
Ursache ist der leicht zu verkohlende Docht einer
ten in der Flamme schwarz und nicht glühend, de
sagt Lichtenberg, um durch einen paradoxen A
Sache anschaulicher zu machen, findet das Verbren
statt, als mitten in einer brennenden Flamme. Blof
hervorragende Ende des Dochtes fängt an zu glühe
weggeschnitten werden, wenn es zu lang ist.
schlug daher vor, man solle die Unschlittkerzen
stellen, sondern in einem Winkel von 30° gegen d
geneigt, damit der aus der Flamme herausstehende
Zutritt von Sauerstoffgas verzehrt und das lästige
überflüssig würde. Ebendaher können Körper, die
Sauerstoff gesättigt sind, als Wasserdämpfe, Metallox
u. s. w., zwar zum Glühen gebracht, geschmolzen un
tigt werden, aber ein Brennen derselben ist unmöglic

Es liegt sehr nahe bei der Sache, dafs Zufü
Luft, noch mehr aber von Sauerstoffgas, das Brenn
mufs, weil dadurch die nothwendig erforderliche
desselben verstärkt und somit die Wirkung erh
Hierher gehören die Versuche der Londoner Societ
auf einer glühenden Kohle, wogegen ein Strom S

1 Bibliothèque britann. T. XXV. p. 352. Nicholson'
III. p. 272. G. XIII. 240.

Digitized by Google

n wird, Diamant sich verflüchtigt, Wedgwood'sche Thonen schmelzen und aus Kieselerde bestehende Fossilien, methyste, Sapphire, Topase, Rubine, Granaten u. s. w., Flufs bringen lassen[1]. Hieran schliefst sich *Marcet's*[2] und das *Knallgasgebläse*, jedoch kann ich dem, was hierreits gesagt worden ist[3], nichts Wesentliches hinzusetzen, ich auch die weiteren Versuche von Silliman[4] und r[5] noch erzählen wollte. Eine minder intensive Wirmeugt freier Zutritt der atmosphärischen Luft, besser ein her Luftstrom, und dieses führt dann zu der Betracher verschiedenen Gebläse vom einfachen *Löthrohre* der ogen bis zu den grofsen Gebläsen der Hohöfen, wovon bereits dt worden ist[6]. In Beziehung auf das Löthrohr möge ch erwähnt werden, dafs seitdem zwei Vorschläge gemacht n sind, das nur für Einige, für die Meisten nicht beschwerhaltende Blasen aus den Lungen zu vermeiden. Dazith, die zum Ausströmen der Luft bestimmte Spitze in hierblase zu stecken und letztere durch ein anderes chendes Rohr mit Luft zu füllen, zugleich aber, um eickeren Luftstrom zu erhalten, die Blase durch vier hergene Schnüre mit Gewichten zu pressen; eine etwas fnige und unbequeme Einrichtung. Zweckmäfsiger ist orschlag von K. T. Kemp[8]. Hiernach wird die Luft das Rohr D in das Gefäfs AB geblasen, und ihre Rück- Fig. ng durch das Quecksilber d im inneren Behälter E ge- 48. , so dafs sie dann einige Zeit, allerdings aber mit abider Stärke, aus dem Röhrchen C gegen die Flamme der bläst.

3) 7) Eine dritte Bedingung, die auf das Verbrennen

Tilloch's philos. Magaz. T. VIII. p. 21. 262. 322. Scherer's Th. VIII. S. 501.

S. Art. *Gebläse*. Bd. IV. S. 1158.

S. ebend. S. 1159. Vergl. The Gasblow-pipe, by Clarke. Lond.

Am Amer. Journ. of Science in Tilloch's philos. Mag. T. L.

Tilloch's philos. Mag. T. XLVIII. p. 433. T. XLIX. p. 47.

S. Art. *Gebläse*. Bd. IV. S. 1153 ff. Vergl. Laboratorium. Bt. I.

's polyt. Journ. Th. XXXVIII. S. 123.

Journ. de Pharmac. 1829. Janv. p. 12.

Edinburgh New Phil. Journ. N. XII. p. 340.

Digitized by Google

einen nicht geringen Einfluſs äuſsert, ist eine gröſs
breitung der verbrennlichen Substanzen in der Art,
dem Sauerstoffgas mehr Oberfläche darbieten und da
Zutritt desselben erleichtern. Hierher gehörige Ersch
giebt es in Menge; ihre Erklärung ist aber durch
schwierig. Groſse Massen Schwefel erlöschen von selb
an Hölzchen setzen diese in Brand; ebenso verha
groſse Massen Pech, statt daſs Pechfackeln und Pechk
gierig verbrennen. Wachs, Oel, Unschlitt u. s. w. l
in Massen nicht entzünden, werden sie aber in klein
titäten durch die Capillarität der Dochte gehoben
groſser Oberfläche der Flamme dargeboten, so unterh
diese fortwährend. Zweckmäſsig machte daher Als
die Lampendochte bandförmig, und eine groſse Ver
war die des Bürgers d'Argand aus Genf, dem aus ei
len Cylinder bestehenden Dochte von beiden Seite
Luft zuzuführen. Ein die Sache erläuternder interessa
such läſst sich anstellen, wenn man kleine sehr dünn
chen von einer Stange *Phosphor* abschneidet und a
wolle legt. Bei mittlerer Temperatur von etwa 15° C
zen diese durch eigene Wärme zu kleinen Kügelchen
rathen in Brand, besonders wenn man sie mit einer
Hölzchen etwas aus einander zieht, während die dar
gende Stange bloſs verdampft, ohne in Brand zu gerat

144) δ) Wo nicht die wesentlichste, doch eine d
tigsten Bedingungen des Brennens ist die *Temperatur*, v
daraus von selbst folgt, daſs die Wärme nicht nur
von groſsem Einflusse auf chemische Verbindungen ist
auch namentlich die Verwandtschaft des Sauerstoffs
verbrennlichen Körpern erhöhet, jedoch bei den vers
auf ungleiche Weise. Sehr hervorstechend ist dieses
lich bei den Metallen, deren Oberfläche in höheren
turen oxydirt wird und dadurch verschiedene Farben
das sogenannte *Anlaufen;* vorzugsweise aber zeigt si
beim Eisen, welches nach der Dicke der oxydirten C
strohgelb, orange, blau und violett wird, überhaupt ab
ner Temperatur von etwa nur 200° bis 300° C. sich s
oxydirt, daſs es eben daher zu Apparaten, die in solche

1 Schwed. Abhandl. für d. Jahr 1784. N. XXII.

Digitized by Google

Zutritt der freien Luft angewandt werden sollen, sich
gnet. Kupfer, Messing, Zink und Silber verhalten sich
liche Weise in Temperaturen, die vom Puncte ihres
nens noch weit abstehen, beim Eisen aber wird die
ndtschaft zum Sauerstoff durch Hitze so gesteigert, dafs
Zustande des Weifsglühens selbst das Kali zerlegt. So
nt eine Stahlfeder in Sauerstoffgas nur dann, wenn man
pitze glühend macht, was meistens durch ein aufgesteck-
entzündetes Stückchen Schwamm geschieht, aber auch
inen elektrischen Flaschenschlag bewirkt werden kann.
r verbrennlichen Kohlen, einzeln im Zustande des Glü-
f Eisen oder einen Stein gelegt, erlöschen, ächte Stein-
selbst im Strome kalter Luft; wird ihnen aber in gröfse-
nen vereint die Wärme nicht entzogen, so verbrennen
t grofser Heftigkeit. Ist der Diamant unter einer mit
uffgas gefüllten Campane durch den Focus grofser Brenn-
zum Glühen gebracht worden, so verbrennt er von selbst[1],
chen kostbaren, früher so höchst wichtigen Versuch ein ei-
pparat durch Herapath[2] angegeben worden ist. Oel brennt
ür sich in mittlerer Temperatur; ist es aber bis auf etwa
s 200° C. erhitzt worden, so brennt es mit grofser Heftigkeit
egonnener Entzündung, worauf die Gefahr bei der Be-
g des Oelfirnisses und der Buchdruckerschwärze durch
beruhet.

145) In specieller Beziehung hat diese Aufgabe viel Auf-
durch einen längere Zeit geführten Streit erregt. Theo-
. Grotthuss[3] stellte den Satz auf, dafs die Verbrenn-
t der Körper vom Grade der Luftverdichtung abhänge
emnach in einer Höhe von etwa 35000 Fufs gar kein
n mehr möglich seyn würde. Nach weiteren Versuchen
r aufserdem[4], dafs ein Gemenge aus Hydrogengas und
gas sich unter atmosphärischem Drucke leicht durch den
chen Funken entzünden lasse, keineswegs aber bei einer

[1] Nach den älteren Versuchen von Landriani in Ann. de Chimie
. und Gren's Journ. Th. VII. S. 428 und den späteren von H.
Ans d. Phil. Trans. in Schweigger's Journ. Th. XII. S. 200.
[2] Ann. de Chim. T. XXXI. p. 72.
[3] Journ. de Pharm. 1830. N. X. p. 615.
[4] Gehlen's Journ. Th. IX. Ht. 2.
Schweigger's Journ. Th. III. S. 130. Vergl. G. LVIII. 345.

nicht genau angegebenen, ungefähr aber das Sechsfache chenden Verdünnung, worauf er den Schluſs gründete, manche nicht leicht verbrennliche Körper, namentlich, unter stärkerem atmosphärischen Drucke verbrennen w Als er eine Mengung aus Wasserstoffgas und Luft durch ausgedehnt hatte, war es ihm unmöglich, durch einen e schen Funken Entzündung hervorzubringen, auch entz sich dasselbe nicht durch einen genäherten brennenden S worauf er den Schluſs gründete, daſs das etwa 4- bi durch verminderten Druck oder Hitze ausgedehnte Wass gas weder durch den elektrischen Funken noch durc Flamme entzündet werden könne. Aufser einigen anderen er hieraus auch die Erklärung, warum das Wasserstoffgas rührung mit atmosphärischer Luft nicht durch eine g Kohle, sondern nur durch einen flammenden Körper ent werden könne. Wie Grotthuss diese Aufgabe noch verfolgte und mit anderweitigen Naturgesetzen in Ei zu bringen suchte[1], scheint mir überflüssig, hier zusetzen.

146) Bald nachher, als diese Resultate bekannt ge waren, stellte H. Davy seine Untersuchungen über die an, die Entzündung der schlagenden Wetter in den Berg zu hindern, die ihn dann zur Erfindung seiner *Sicherheit* führten[2], wozu er nicht, wie zur Entdeckung der Me durch zufällige Anwendung eines nur Wenigen zu Gebo henden mächtigen Apparates, sondern durch scharfsinnige binationen gelangte. Zuerst leitete ihn die Erfahrung entzündliche Gasarten nicht explodiren, wenn sie aus einem chen von 0,2 Zoll Durchmesser ausströmend am Ende ben verbrennen, und er betrachtete dieses als eine Fo Abkühlung durch das Metall, woraus er dann weiter s daſs man nur für genügende Abkühlung sorgen müsse, u Entzündung solcher Gasarten zu hindern. Fortgesetzte suchungen zeigten dann wirklich, daſs ein Drahtgeflecht von singdraht 0,02 Zoll dick mit 100 Oeffnungen auf einem dratzoll einem Gemenge von 1 Th. Kohlenwasserstoffga 12 Th. atmosphärischer Luft die Entzündung mittheilte,

1 Schweigger's Journal. Th. IV. S. 238. Th. IX. S. 387.
2 S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 62 ff.

Digitized by Google

ls wurde oder wenn man eine damit umgebene Lampe
Mengung bewegte; enthielt dagegen ein solches Geflecht
Oeffnungen auf einen Quadratzoll, so fand die Entzündung
im Rothglühen, aber nicht bei der Bewegung statt. Ein
dt von Eisendraht, $\frac{1}{10}$ Zoll dick und 240 Oeffnungen auf 1
batzoll enthaltend, sicherte so lange, als es nicht stark rothglü-
wurde, war dasselbe aber von $\frac{1}{10}$ Zoll dickem Eisendrahte
ligt und 576 Oeffnungen auf 1 Quadratzoll enthaltend, so
bei der stärksten Zuströmung aller Arten von Mengungen der
ldlichen Gasarten, selbst bei starker Glühhitze, keine Ex-
n statt, ja sogar Knallgas entzündete sich nicht, wenn die
he der Lampe von einem solchen Gewebe aus Messing-
umgeben war, obgleich das Drahtgeflecht weifs glühete
ir Versuch zur Verhütung seines Schmelzens abgebrochen
n mufste[1].

2. Davy[2] unterstützte die hieraus entlehnte Folgerung,
e Abkühlung das Entzünden selbst der verbrennlichsten
, sogar der explodirenden Gasgemenge, unmöglich ma-
durch eine weitere Reihe interessanter Versuche. Legt
nen einfachen Baumwollenfaden in Oel[3] und entzündet
hn auf der Oberfläche desselben, so erhält man ein
chen von $\frac{1}{16}$ Zoll Durchmesser. Biegt man einen Ei-
aht von $\frac{1}{110}$ Zoll Dicke[4] in einen Ring von $\frac{1}{16}$ Zoll
messer und schiebt ihn über das Flämmchen, so wird er
auslöschen, so lange er kalt ist, nicht aber dann, wenn
rch dieselbe genügend erhitzt ist; ein gleicher gläserner
löscht die Flamme nicht aus, auch wenn er noch keine
e Temperatur angenommen hat, woraus hervorgeht, dafs
Irsache im ungleichen Ableitungsvermögen liegt. Nähert
ein metallenes Knöpfchen von $\frac{1}{10}$ Z. Durchmesser dem
chen bis auf die Weite seines Durchmessers, so wird sie
hen, wenn jenes nicht einen bedeutenden Hitzegrad
t.

[1] Philos. Trans. 1816. p. 1 ff.
[2] Ebendaselbst 1817. p. 71 ff.
[3] Bequemer bedient man sich hierzu ganz dünner Wachskerzen, die man in Glasröhren selbst giefsen kann.
[4] Bequemer ist es, statt eines so dünnen Drahtes einen dickeren von etwa 0,3 Lin. Durchmesser anzuwenden.

147) Diesen ähnliche Versuche machte G. Oswald S
und zwar nicht mit einem Faden im Oel, sondern mit kl
sehr dünnen Wachskerzen. Hält man in die Flamme de
einen einzelnen Draht, so wird der obere Theil derselben
mindert, und dieses zunehmend, wenn man zu mehreren
ten und zu stets engeren Geflechten übergeht. Halt man
die durch ein Metallgeflecht unterbrochene Flamme die
oder ein Thermometer, so gewahrt man nach Wegnahm
Geflechtes sofort eine gröfsere Wärme. Die Verminderu
Wärme dauert jedoch blofs so lange in ihrer ganzen
fort, bis das Netz glühet, doch kann die Hitze über d
flechte nie höher, als die des Geflechtes ist, steigen,
also bis zu einer gewissen Grenze das Entflammen der
aufserhalb des Geflechtes unmöglich bleibt. Wird das
netz horizontal in die Flamme gehalten, so wird sie
abgeschnitten, wobei ein Theil des verflüchtigten Wachses
das Geflecht entweicht, sich zum Theil an dasselbe legt,
Theil über demselben verbrannt werden kann, so dafs die
me hiernach aus zwei Theilen mit einem mittleren nich
henden, folglich dunklen, besteht[2]; ja es läfst sich sog
Flamme durch zwei, etwas mehr als 0,5 Z. von einand
stehende, Drahtgeflechte in drei Theile theilen. Fehlt d
ste Theil der Flamme, so gewahrt man, von oben herab
in derselben am deutlichsten einen dunklen Cylinder, w
auch im gewöhnlichen Zustande in der Flamme vorhand
seyn pflegt und den man für verflüchtigtes Wachs hält.
Flamme einer Argand'schen Lampe, durch ein Drahtgeflec
der Mitte durchschnitten, giebt daher zwei leuchtende
mittleren dunklen umgebende concentrische Ringe, indem
der dunkle Theil der Flammen bei allen mit Sauerstoff
mischten brennbaren Gasarten, weswegen diese auch ein
höheren Grad der Hitze und des Leuchtens geben.

---

1 Annals of Philos. T. VIII. p. 321. Biblioth. univ. T.
165. Ann. de Chim. et Phys. T. IV. p. 385. Die Einwendung
che Murray (s. G. LXIX. 286) hiergegen gemacht hat, und d
ihm gegebene Erklärung scheint mir nicht bedeutend genug, u
besonders erörtert zu werden. Dieses dürfte auch der Fall m
den Zweifeln, die Grotthuss ebend. S. 241 dagegen aufgestellt

2 Mit einem kleinen Drahtringe läfst sich dieser Versuch
auf eine interessante Weise anstellen.

Digitized by Google

H. Davy[1] wandte die eben erwähnten Thatsachen
n, den durch Grotthuss aufgestellten Satz, dafs das
men, namentlich der Gasarten, durch Verdünnung un-
h werde, zu widerlegen, und stellte ihm einen andern
s, dafs nämlich die Verbrennung durch die Temperatur
r. Er brachte ein Gefäfs, worin Wasserstoffgas ent-
h wurde und an der Oeffnung einer feinen Spitze mit
Zoll hohen Flamme verbrannte (*lumen philosophorum*),
nen Recipienten von 200 bis 300 Kubikzoll Inhalt.
kundiren bis zur fünffachen Verdünnung nahm die Flam-
, dann aber bis zur achtfachen ab, wobei sie erlosch.
e Ursache hiervon nicht am Mangel des Sauerstoffgases
gte sich, als er das nämliche Gefäfs mit gröfserer Flamme
k, wobei die Spitze glühete und die Verdünnung der
nen Luft deswegen bis zur zehnfachen getrieben wurde,
Flamme erlosch. Demnächst wickelte er um die Aus-
gspitze des Gases einen Platindraht, dessen Ende in
ll hohe Flamme endigte und daselbst glühend wurde,
sich die Verdünnung bis zur zehnfachen bringen liefs,
ie Flamme unten erlosch, am glühenden Platindraht
ber brannte, bis zur dreizehnfachen Verdünnung. Der
gründete Schlufs, dafs alle Körper nach Verhältnifs
hrer Entzündlichkeit und gröfseren erzeugten Hitze
hem Vacuum verbrennen würden, fand vollkommene
ung, indem Schwefel in 20fach, Phosphor nach van
in 60fach verdünnter Luft noch brannte, Phosphor-
ffgas aber im stärksten Vacuum einer Nairne'schen
pe noch einen Lichtschein gab. Daher entzündete sich
i zum 18fachen verdünntes Knallgas noch durch den
hen Funken, wenn die damit gefüllte Röhre bis nahe
hmelzen des Glases erhitzt war. Davy glaubt daher
en die Ansicht von Higgins, Berthollet und ande-
hmen zu müssen, dafs die Entzündung der verbrennli-
mischungen durch den elektrischen Funken nicht von
chtung des Ganzen oder eines Theils derselben in

---

[1] Phil. Trans. 1817. p. 45. G. LVI. 225.

[2] Ohne Zweifel war hierbei die erleichterte Entwickelung des Knallgases mitwirkend; auf jeden Fall darf dieser Umstand nicht übersehen werden.

Digitized by Google

Folge einer Ausdehnung eines andern Theiles durch Hitze zuleiten sey, sondern lediglich von der Erhitzung, welche sache auch die Entzündung des Knallgases durch Compr herbeiführe. Die Erscheinungen, worauf Grotthuss Folgerungen gebauet hatte, dafs die Entzündung der verd lichen Gase durch ihre Ausdehnung gehindert werde, er Davy auf eine ganz andere Weise, indem er annahm, da Entzündung nicht in Folge der Ausdehnung, sondern de gemengten Wasser- und Quecksilberdämpfe ausgeblieben wonach also der ganze Beweis ungültig werde. Davy dehn dieses zu beweisen, Knallgas über trocknem Quecksil zum 2,5fachen seines Volumens durch Hitze aus, machte das Ende der Röhre rothglühend, und es erfolgte sogle plosion. Wurde Knallgas langsam durch eine lange stark hitzte Glasröhre geleitet, so erfolgte die Explosion vo Rothglühen derselben. Eine glühende Kohle soll nach G huss das Knallgas blofs ausdehnen, aber nicht entzünden, nach Davy findet die Entzündung allerdings statt, wen Kohle hinlänglich glühet und frei von Asche ist[1]; glüh dagegen weniger, so erfolgt eine langsame Verbindung Gases zu Wasser. Um das aufgestellte Argument noch zu unterstützen und zu zeigen, dafs in den Versuchen Grotthuss die Beimischung heterogener expansibeler F keiten, nicht aber die Ausdehnung, die Entzündung geh habe, zeigte Davy, dafs die Explosion des Knallgases einen kräftigen elektrischen Funken in Folge der Beimi von 8 Theilen Wasserstoffgas, 9 Th. Sauerstoffgas, 11 Th petergas, 1 Th. Kohlenwasserstoffgas, 2 Th. Schwefelw stoffgas, 0,5 Th. ölerzeugendes Gas, 2 Th. salzsaures Gas, kieselhaltiges flufssaures Gas aufgehoben werde. Aus der tigkeit und specifischen Wärmecapacität dieser Gasarten sich dieses Verhalten nicht erklären, indefs vertragen die Gasarten, welche eine geringere Hitze zu ihrer Entzü bedürfen, eine gröfsere Menge zugesetzter Gasarten, ohne ihre Explosion gehindert wird. So werden z. B. gleiche Chlor- und Wasserstoffgas nach Beimischung von 18 T Sauerstoffgas noch entzündet, aber Kohlenwasserstoff- Sauerstoffgas im gehörigen Verhältnifs, nämlich 1 und

1 Dieses bestätigen die Erfahrungen Parrot's in G. LXVI

werden schon durch Beimischung von 3 Theilen Sauer-
s an der Explosion gehindert. Wasserdampf mufste in
r Menge der Luft beigemischt seyn, wenn er das Brennen
chwefels hindern sollte. Knallgas wurde noch durch den
ischen Funken entzündet, obgleich ein fünffaches Volu-
Wasserdampf beigemischt war, kohlenstoffhaltiges Wasser-
gas mit Luft gemischt erforderte ¼ seines Volumens Was-
mpf und nur ¼ Stickgas, um die Explosion zu hindern[1].
ch fand Davy, dafs ein durch die Volta'sche Säule weifs-
nd gemachter Eisendraht und glühende Kohle in 5mal
chteter Luft nur wenig stärker brannten, als in gewöhn-
dichter, auch nicht zu brennen fortfuhren, wie im Sauer-
gas, woraus er folgert, dafs die Verbrennung in allen Hö-
über der Meeresfläche und bei jedem Barometerstande auf
gute Weise vor sich gehe.

149) Man bewundert in der That den Fleifs bei der An-
ng dieser vielen Versuche und den Scharfsinn bei der
ination der erhaltenen Resultate in dieser classischen Ar-
des berühmten Britten. Sofern aber noch neuerdings mitunter
bert worden ist, die durch v. Grotthuss aufgestellten Sätze
wohl noch nicht vollständig widerlegt, könnte man ver-
en, das unparteiische kritische Urtheil sey durch die über-
gende Masse der von seinem Gegner aufgehäuften Thatsa-
gleichsam erdrückt und befangen gemacht, indefs mufs
genaue Prüfung doch die Entscheidung zu Gunsten seines
egenen Gegners wenden. Abgerechnet dafs durch Davy's
che der Grund der unrichtigen Ansicht, wozu v. Grott-
geführt wurde, nachgewiesen worden ist, und dafs die Versuche
Letzteren weder so zahlreich noch so genau und allseitig
gend begründet sind, steht seinem Satze schon das allge-
e Argument entgegen, dafs die chemischen Anziehungen
leich mächtiger, als mechanische Mittel wirken. Sofern wir
das Verbrennen im Allgemeinen als eine Folge des Che-
mus betrachten und dieser durch Wärme so bedeutend
ärkt wird, erwächst hierdurch ein neues gewichtiges Ar-

[1] Wärme in seinen Untersuchungen über die Flamme gelangt zu
sultate, dafs unverbrennliche Gasarten das Verbrennen im Ver-
ihrer Dichtigkeiten hindern und dafs diese hindernde Wir-
ine Folge der gröfseren Diffusion der Flamme in den dichteren
ten ist. S. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXXX. p. 93.

Digitized by Google

gument. Allerdings scheint der Versuch mit dem Tach für Grotthuss zu entscheiden, allein es folgt hieraus l Erzeugung der Wärme, nicht aber das leichtere Ver durch Compression. Dagegen beweiset die neuere Erse mit Döbereiner's Platinschwamm, dafs die durch Com des Knallgases erzeugte Hitze hinreicht, um dasselbe zu den, und dafs es eben die erhöhete Wärme ist, wel Vereinigung beider Gase zu Wasser herbeiführt.

150) H. Davy entnahm aus seiner Theorie die C ction der nach ihm benannten *Sicherheitslampen*[1] (L de Sûreté; *Savety-Lamps*). Hierüber möge hier noc träglich bemerkt werden, dafs die Construction derselb verschiedentlich abgeändert worden ist[2], ohne jedoch im W chen von dem die Sicherung bedingenden Principe abzu Inzwischen hatte schon Davy bemerkt, dafs seine Lan schützt, wenn die schlagenden Wetter sehr bewegt sin dann die Flamme durch die Oeffnungen des Geflechtes ben wird. Dr. Gurney[3] zeigte später durch Versuch bei einer Geschwindigkeit des bewegten Gases von 5 en in 1 Sec. die Geflechte von 120 bis 140 Oeffnunge Quadratcentimeter von der Flamme durchdrungen were Combes führt mehrere Beispiele an, dafs Explosionen a Weise statt fanden. Ein englischer Bergmann, Rober daher den Lampen die Einrichtung, dafs er sie von a einen gläsernen Cylinder einschlofs, unter aber einen al ten hohlen Kegel von Kupfer anbrachte, durch desse etwa einen Zoll weite Oeffnung die Flamme aufsteigt, untere Fläche aber durch Metallgaze geschützt ist. Au ron Du Mesnil[4] in Birmingham läfst diese Lampen au Cylinder von Flintglas verfertigen, welcher durch 12 stäbchen geschützt ist und unten zwei durch Drahtgeflec schlossene Oeffnungen, oben aber einen offenen, nur mi gebogenen Bleche bedeckten Schornstein hat. Verbre unten einströmende Kohlenwasserstoffgas, so fängt der Schornstein an zu tönen und zeigt dadurch dessen An

1 H. Davy on the Savety-Lamp. Lond. 1818.
2 S. Laboratorium. Ht. XXV. Taf. XCIX.
3 L'Institut. 1836. N. 186.
4 Froriep Notizen. N. XI. S. 21.

Digitized by Google

. Im Allgemeinen scheint jedoch die ursprüngliche Ein-
ng in der praktischen Anwendung beibehalten worden zu seyn,
den eben angegebenen Constructionen steht auch offenbar
eichte Zerspringen und die Zerbrechlichkeit der Glascylin-
entgegen[2]. Eine eigenthümliche Anwendung des durch
r aufgefundenen Schutzmittels gegen die Einwirkung der
me hat Aldini[3] in Vorschlag gebracht, indem er rieth,
Personen, welche bei Feuersbrünsten die Spritzen bedienen
Sachen aus brennenden Häusern retten, so wie diese Sa-
selbst mit einem Drahtgeflechte zu umgeben. Unter ei-
solchen Panzer sollten die Personen aufserdem mit einer
indung von Amianth oder noch besser von vielfachem,
h Salmiak und Borax unverbrennlich gemachten Wollen-
p[4] umgeben seyn. Einige höchst gefährlich scheinende
uche, um dieses Mittel zu prüfen, gaben sehr genügende
ultate.

151) Endlich möge hier noch bemerkt werden, dafs die
kung der Drahtgeflechte nach Libri[5] nicht auf der durch
rzeugten Abkühlung, sondern auf einer Repulsion derselben
n die Flamme beruhen soll, weil die Wärme allgemein
ktiv wirke. Libri gründet diesen Widerspruch gegen die
gbare Theorie hauptsächlich auf die Versuche Deuchar's[6],
nach die Flamme der zum Entzünden des Schiefspulvers von
sem angewandten explodirenden Gemenge selbst durch 12
tallgewebe auf eine Strecke von ungefähr 3 Fufs hindurch-
ng, und auf seine eigenen Beobachtungen, dafs die Flammen
um einen ihnen genäherten Körper ohne Einfluss seiner
rmeleitung umbiegen. Poggendorff mit seinem gewohn-

1 Vergl. Art. *Harmonica, chemische.* Bd. V. S. 97.

2 Eine reichliche Nachlese zu dem, was hierüber bekannt gewor-
ist, findet man in den jetzt erschienenen Abhandlungen, welche
den von der Societät zu Brüssel für das Jahr 1840 ausgesetzten
ise concurrirten und in einem Bande vereint sind, unter dem Titel: Des
yens de soustraire l'exploitation des mines de houille aux chances
plosion. Recueil de mémoires et de rapports publié par l'Acad.
. des sciences et belles lettres de Bruxelles. 1840. 8.

3 Bibliothèque univ. T. XXXVII. p. 159. Ann. de Chim. et Phys.
XLII, p. 214.

4 Nach einem Vorschlage in Ann. de Chim. T. XVIII. p. 211.

5 Biblioth. univ. T. XXXIV. p. 173. Poggendorff's Ann. X. 294.

6 Annals of Philos. New Ser. T. I. p. 93. 206.

Digitized by Google

ten Scharfsinn bemerkt, dafs sich gegen die aufgestellte
Hypothese manches einwenden lasse, was auch allerdings
Fall ist. Zuvörderst hat Davy ausdrücklich bemerkt, dafs
schützende Kraft der Metallgeflechte durch Bewegung der
geschwächt oder ganz aufgehoben werde, und so darf es nicht
fallen, dafs die mit aufserordentlicher Geschwindigkeit fort
schleuderte glühende Luft der explodirenden Mengungen
Abkühlung die Gewebe durchdringt und zündet. Wenn
Deuchar's Versuche gegen Davy's Hypothese beweisend
ren, so müfsten sie es auch gegen Libri's seyn, denn
nicht abzusehen, wenn ein einzelner Draht Repulsion
warum dieses nicht noch mehr durch 12 Geflechte
sollte, und zwar um so mehr, da die Repulsion eine
wirkende Kraft ist, die Abkühlung aber auf jeden Fall
erfordert. Wenn aber ferner die Wärme der Flamme
wirkt, so mufs dieses durch die Wärme der ihr genäher
Körper noch mehr geschehen, und die Abstofsung müfste
mit der Erhitzung der genäherten Körper wachsen, was
nicht gefunden zu haben gesteht; andere bekannte Ver
zeigen aber, dafs genügend erhitzte Geflechte die Flamme
lich durchlassen, wodurch die neue Hypothese direct
wird. Endlich läfst sich die Repulsivkraft der Wärme
nicht in Abrede stellen, allein sie wirkt nur auf verschwind
Entfernungen, wie schon daraus hervorgeht, dafs die hell
weifsglühenden Theile vieler Körper, z. B. der Kreide
Knallgasgebläse, sich nicht abstofsen, indem sie vielmehr
sammenschmelzen oder zusammensintern. Das Umbeugen
Flamme um genäherte Körper ist übrigens leicht erklär
sobald man nicht übersieht, dafs die sie bildenden brennen
Gasarten in stark aufsteigender Bewegung sind und daher
genäherten Körpern zurückgestofsen werden.

152) An die Betrachtung, dafs das Brennen hauptsäch
durch die Temperatur bedingt werde, läfst sich noch eine
unwichtige Untersuchung knüpfen, nämlich über die Wirk
der heifsen Luft bei Schmelzöfen. Neilson[1], in der Nähe
Glasgow, erhitzte zuerst die Gebläseluft in eisernen Röh
und erzielte dadurch eine bedeutende Ersparung an Brenna

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 164. Biblioth. univ. de Ge
T. VII. p. 429.

Digitized by Google

weswegen dieses Verfahren sofort auf den schottischen
en und bald nachher auch, in Folge schneller Bekanntwer-
g, sehr allgemein nachgeahmt wurde. Gegenwärtig gilt es
eine vielseitig bestätigte Thatsache[1], dafs die Anwendung
ser, bis 300° C. und noch darüber erhitzter, Luft das Schmel-
der Erze in Hohöfen nicht blofs im Allgemeinen befördert,
st in der Art, dafs das erforderliche Brennmaterial für die-
Zweck, wenn man zuvor die Luft erhitzt und dann das
schmelzt, nicht so viel beträgt, als wenn die Schmelzung
Anwendung kalter Luft geschieht, wonach daher schon bei
er Art der Anwendung ein Vortheil hervorgehen würde;
in ungleich gröfser wird letzterer, wenn man die ohnehin
den Schmelzöfen vorhandene Wärme dazu benutzt, die Luft
her zu erhitzen, indem man sie durch Röhren, die sich im
en selbst befinden, auf- und absteigen läfst, ehe sie zum
bläse verwandt wird, weswegen auch bei den meisten Hoh-
n Einrichtungen dieser Art jetzt statt finden. Die Thatsache
erliegt keinem Zweifel, die Erklärungen aber und die ange-
enen Ursachen dieses Verhaltens sind verschieden. Nach der
nntwerdung mehrfacher Aeufserungen hierüber[2] und zunächst
nlafst durch ein Memoire von Huart aus Charleroi erklärten
die Berichterstatter Martens, Cauchy und de Hemptienne
Wesentlichen dahin[3], dafs der aus der Anwendung heifser
ft entspringende Vortheil hauptsächlich aus zwei Ursachen
uleiten sey. Zuerst erfolgte die Verbrennung in kürzerer
t und es gehe somit weit weniger Wärme verloren; zwei-
s aber würden Kohlen statt Cokes angewandt, deren mit
brennender Wasserstoff nach den Untersuchungen von La-
sier und Laplace, bestätigt durch H. Davy, dreimal mehr
rme gebe, als ihr Kohlenstoff. Wollte man bei der An-
ndung kalter Luft gleichfalls Kohlen gebrauchen, so würde
Wasserstoff derselben gröfstentheils als Kohlenwasserstoff-
oder als öliger Dampf (vapeur huileuse) entweichen

1 Nachricht über viele gelungene Versuche giebt Dr. Clarke in
Phil. Trans. T. XIII., daraus in Bibl. univ. de Génève. T. VII.
429.

2 Ann. des Mines 3me Sér. T. VI. p. 467. Ann. de Chim. et
T. LIX. p. 264.

3 Bulletin de la Soc. R. de Brux. 1836. N. 9. p. 300. Vergl.
1836. N. 188. p. 416.

Digitized by Google

und dadurch eher Wärme entziehen, als erzeugen. D
such gab gleiche Schmelzungen mit 2 Kilogramm Kol
Luft von 322° C. und mit 7 Kilogramm Cokes bei
dung kalter Luft.

153) Eine Menge theils eigener, theils fremder E
gen über dieses Problem hat Sobolewskoy[1] zusan
stellt, ist aber der Ansicht, dafs die Ursache der günsti
folge nicht in der Anwendung heifser Luft, sondern in
gleichzeitigen Bedingungen zu suchen sey. Gegen
Neilson aufgestellte Erklärung, wonach die Gesam
der Wärme im Hohofen durch diejenige vermehrt wer
che der Luft vorher mitgetheilt worden sey, läfst sich d
Geringfügigkeit dieser Gröfse geltend machen; die Sac
betreffend soll aber die Ursache in einer besseren Re
der Gebläse, namentlich in der Anwendung von weni
unter höherem Drucke schneller strömender Luft liegen.
andern habe Knauf bei seinen angestellten Versuchen
den, dafs 100 Kubikfufs Luft, unter einem Drucke von
Quecksilberhöhe einströmend, ebenso viel Hitze erzeu
200 K. F. unter einem Drucke von 1 Zoll, und so ha
Dufrénoy, als er Luft von 322° C. anwandte, die Men
selben von 3500 K. F. auf 2626 K. F. vermindert. D
sentlichen beruhe also die ganze Sache auf dem Umstan
durch schnelleres Zuströmen der Luft ein stärkerer Z
dadurch ein besseres Verbrennen der Kohlen in den
erzeugt werde. Hiergegen erinnert Buff[2], dafs allerdi
gute Ziehen bei Hohöfen nothwendiges Erfordernifs sey,
keineswegs genüge, um die Resultate der Erfahrungen
zu erklären, die man über die Gebläse mit heifser Luft
ten habe.

Es steht dem letztgenannten Physiker um so m
Urtheil in dieser Sache zu, als die Versuche, die er s
Gemeinschaft mit dem Hütten-Inspector Pfort anstell
den wichtigsten gehören, die wir über dieses Problem b

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 163.
2 Ebend. XXXVII. 196.
3 Aus den Studien des göttingischen Vereins bergm. Fre
Poggendorff's Ann. XXXVII. 173. Vergl. Ann. de Pharmac. T
p. 129.

Digitized by Google

sind mit Umsicht und mit genauer Beachtung des dabei sich genden Verhaltens angestellt worden, und der grofse Vortheil, das Gebläse mit heifser Luft gewährt, geht klar daraus vor. Die Versuche, welche im Kleinen über die Verbrenng der Kohlen in Glasröhren beim Zuströmen kalter oder ßer Luft gemacht wurden, geben leicht durch Nebenbedingen verwickelte Resultate, im Ganzen aber zeigen sie, dafs , wo heifse Luft zu den entzündeten Kohlen tritt, das Brenn rascher und mit gröfserer Energie statt findet. Die im zen richtige Erklärung läuft also darauf hinaus, dafs die bes glühenden Kohlen durch die hinzukommende kalte Luft hren raschen Brennen nicht zurückgehalten werden, daher der Stelle dieses Zuströmens energischer brennen und eine ßere, die Schmelzung des Erzes herbeiführende, Hitze entckeln. Um sich die Sache zu versinnlichen, dürfte man sich r vorstellen, dafs eine geraume Zeit eine beträchtliche, zum ßmelzen des Erzes aber ungenügende Hitze erzeugt würde, durch begreiflicher Weise eine grofse Quantität Brennmateunnütz verschwendet werden müfste; die Wärme erhöhet gen die Anziehung des Kohlenstoffs zum Sauerstoffgas der osphärischen Luft, es wird keine Zeit, und somit keine nütze Consumtion des Brennmaterials, verloren, um die kalte ft erst zu erwärmen, wodurch der Schmelzprocefs nothwenig erhöhet werden mufs. Darum ist an der Stelle des Zutritts r heifsen Luft das Brennen so energisch; dort schmelzt das s rascher, die Gicht geht aber langsamer nieder und es wird nit Brennmaterial erspart. Bleibt bei der Anwendung heifser ft der Druck und die Oeffnung der Düsen unverändert, so mt in gleichen Zeiten weniger Luft in den Ofen, denn die rch Hitze ausgedehnte Luft gewinnt zwar an Fluidität und fst daher in gröfserer Menge durch die Düsen, zugleich aber ßt ihr Volumen in einem gröfseren Verhältnifs vermehrt, rch 267° C. schon um das Doppelte, und sonach ist die ausströmende Masse in gleichen Zeiten geringer[1].

154) Eine der heifsen Luft auf gewisse Weise ähnliche Wirkung ist diejenige, welche nach den Versuchen von An-

1 Ueber diesen Gegenstand verweisen wir auf unsern ausführlin Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 602.

Digitized by Google

DREW FYFE[1] Wasserdämpfe hervorbringen, die man brenn… Cokes zuführt. Hiernach siedeten unter gleichen Bedin… gleiche Quantitäten von Wasser ohne Dampf in 20, mit D… in 14 Minuten; in einem anderen Versuche ohne Dampf in 1… Dampf in 9 Minuten. Aehnliche Versuche gaben ferne… und 6,5, so wie 6,25 und 5 Minuten. Ferner verloren g… Quantitäten Wasser durch Verdunstung ohne Dampf in … nuten 4 Unzen, mit Dampf 5 Unzen; in zwei andern V… chen in 15 Minuten 4,5 und 7 Unzen; in 12 Minute… und 7,25 Unzen. FYFE zeigt durch Berechnung, dafs d… Wasserdampfe enthaltene Wärme zur Erklärung dieser … tate nicht hinreicht, und da das Wasser, also auch dessen … als schon verbrannter Körper nicht nochmals verbrennen … so mufs angenommen werden, dafs der Wasserdampf eine … setzung erleide, indem sein Sauerstoff an die brennenden … len übergeht, der Wasserstoff aber mit dem Sauerstoff … mosphärischen Luft als Flamme verbrennt, die sich … auch deutlich zeigt. Hierbei findet also gleichzeitig … zersetzung und Wasserbildung statt, die Wirkungen … gegengesetzten Processe heben sich aber nicht auf, … ist durch die schnellere und energischere Verbrennung … len eine stärkere Erzeugung von Hitze vorhanden.

155) Auf das Princip, dafs die Leichtigkeit des … nens durch Abkühlung zunehmend vermindert und … unmöglich gemacht wird, sind die verschiedenen *M…* *Feuerlöschung* gegründet. Kann durch Entziehung des … stoffgases das Brennen ganz unmöglich gemacht werden, … im hohen Grade durch Verbrennung von Schwefel bei … Caminen geschieht[3], weswegen auch die Anwendung dieses … in Folge gemachter Erfahrungen dem Polizeipräfecten … durch den Gesundheitsrath im Jahre 1828 empfohlen … so mufs dieses als eine nicht hierher gehörige Sache … werden, im Allgemeinen aber wird das Feuer erstickt … Weiterumsichgreifen desselben dadurch unmöglich … man die verbrennlichen Sachen unter diejenige Temp…

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLV. p. 177. Vergl. …

2 Vergl. Art. *Feuer*. B. IV. S. 203.

3 Vergl. ebend. S. 202.

4 Recueil industriel. T. XII. p. 127. Dingler polyt. J… XXXV. S. 320.

Digitized by Google

welche zu ihrer Entzündung erfordert wird. Hierüber ist bereits gehandelt worden[1], und daher möge nur nachträglich des bemerkt werden. Neuerdings sind Häckerlinge (in etwa 0,5 bis 0,75 Z. lange Enden zerschnittenes Stroh) vorzügliches Mittel zum Feuerlöschen empfohlen worden und deswegen angestellte Versuche haben sehr günstige Resultate gegeben[2]. Die ganze Sache besteht darin, dafs man mögende Menge dieser anscheinend so sehr entzündlichen ur auf brennende Gegenstände wirft und das Feuer dadem gemeinen Sprachgebrauche nach, erstickt. Die r dieser Erscheinung ist nicht schwierig. Eine Decke eichten Substanz genügt, den Zutritt der äufseren, sauerhaltigen Luft zu den brennenden Körpern, von denen die Luft und die Flamme aufsteigt, zu hindern, wodas bestehende Verbrennen vermindert oder aufgehoben Aufserdem aber ist zwar diese löschende Substanz leicht nlich, allein jedes einzelne Stückchen mufs doch zuvor nderliche Hitze erhalten, ehe es sich entzünden kann, bei den zahllosen Stückchen die Summe der Oberflächen ofs ist, die brennende Masse der einzelnen entzündeten hr klein, so wird hierdurch keine hinlängliche Quantität zur gleichzeitigen Entzündung vieler entwickelt. Aus m Grunde verkohlen Sägespähne und Papierhaufen nur n, und es hält schwer, selbst wenn man sich absichtlich bemühet, sie vollständig zu verbrennen. Weil ferner die che Wärmecapacität des Wassers gröfser ist, als die der zen, die man darin auflöset, wenn man auch die zur ildung erforderliche Wärmemenge unbeachtet läfst, so hen hieraus die Richtigkeit der durch Parrot[3] aufgeBehauptung hervor, dafs reines Wasser zum Feuerlöeeigneter ist, als die hierzu vorgeschlagenen Mischungen, ich die viel besprochene des v. Aken[4]. Auch von eiiter pomphaft angekündigten feuerlöschenden Pulver f. Schwefel, 1 Pf. rothem Ocker und 6 Pf. Eisenvitriol,

---

S. Art. *Feuer* a. a. O.
Baumgartner's Zeitschrift. Th. II. S. 379.
Voigt's Magazin. Th. II. S. 709. Th. III. S. 388.
Ueber den zwischen van Marum und Descroizilles stattgefundreit vergl. Ann. de Chim. T. XLVI. p. 3 ff. T. LI. p. 27. T. 150. Gehlen N. Journ. Th. IV. S. 331. Th. V. S. 127.

welches fein gestofsen in Patronen mittelst Pfeilen an d
nenden Orte geworfen werden sollte, wie ein gewisser G
MER[1] in Vorschlag brachte, hat man nie eigentlich G
gemacht, ebenso wenig als von den in dem Löschwass
zulösenden Substanzen, die durch NILS NYSTRÖM[2] a
pfohlen wurden.

156) Die dem Wasser beigemischten Substanzen
nicht sowohl dazu dienen, das Feuer auszulöschen, als v
die brennbaren Stoffe mit unverbrennlichen zu vereinig
dadurch das Entzünden derselben unmöglich zu mach
sollten auch die durch PALMER angegebenen Substanzen
sem Zwecke in Wasser verdünnt und Wände, Balken,
Holzwerk u. s. w. damit überstrichen werden. Allerdin
den alle leicht verbrennliche Körper sehr wenig entz
oder widerstehn der Entzündung vollständig, wenn
Salzen und sonstigen geeigneten Substanzen durchdrung
Unter andern hat FUCHS[3] einen namentlich Holz ge
Verbrennen sichernden Ueberzug angegeben, nämlich
siedendem Wasser auflösliches Glas aus 70 Theilen K
und 30 Th. Kali oder Natron, welches in die Holzfaser
gen und eine oberflächliche Art der Versteinerung be
gen soll. Das Mittel scheint ausnehmend geeignet,
jedoch keine damit angestellten Versuche, mindestens
gröfseren, bekannt; dagegen berichtet KRAFT[4] einen sehr
genen Versuch, welchen die Petersburger Societät mit
hölzernen, nach LORD MAHON's und HARTLEY's M
feuersicher gemachten Hause angestellt habe, wobei das
Dache und im Innern angebrachte Feuer über eine
brannte, dann von selbst erlosch, dennoch aber waren
ter und Balken blofs oberflächlich verkohlt. A. R
schlug vor, ein mit Thon überzogenes Drahtgeflecht zur

1 Beschreibung eines neu erfundenen Mittels gegen Feuers
u. s. w. A. d. Fr. Leips. 1803. 8. Vergl. Scherer's Journ. Th. X.

2 V. Crell's chem. Ann. 1793. P. II. S. 519.

3 Vergl. über die zweckmäfsigsten Mittel, Feuersbrünste
meiden, nebst Versuchen über einige Substanzen, mittelst
leicht verbrennliche Körper gegen die Flamme geschützt werden
nen. Von D. A. VOGEL. München 1823. 8.

4 Acta Acad. Petrop. T. III. P. 2. p. 9.

5 Journal de Physique. T. LXXIII. p. 393.

Digitized by Google

gen Brand zu benutzen. Gay-Lussac[1] hat die Auf-führlich untersucht, selbst Leinen und gewebte Zeuge den Stoffen zu imprägniren, die ihre Biegsamkeit nicht n und dennoch ihre leichte Entzündlichkeit hindern, m verschiedene Salze am geeignetsten scheinen, welche ühen anzugeben hier zu weit führen würde. Endlich ier auch gelegentlich die *Steinpappe* erwähnt werden, Marvid Faxe[2] aus Carlscrona im J. 1785 erfunden e Angabe ihrer Bestandtheile bekannt gemacht hat. ind aus dickeren und dünneren, auch *Steinpapier* ge-nöthlichen Platten, die zu feuerfesten Bedachungen und als Ueberzüge über Kasten- und Actenschränke die-en. D'Antic untersuchte sie und glaubte, dafs 2 Th. e (Eisenoxydhydrat), 1 Th. thierisches Oel und 2 Th. che Pappsubstanz ihre Bestandtheile bildeten. Chri-Bergen machte sie von noch besserer Güte nach[3]; auch wurden ähnliche Tafeln verfertigt[4]; am ausführlich-r liefs Georgi[5] ihre Bestandtheile untersuchen, und e nach den Resultaten solche Steinpappe aus verschie-nlichen, ihm vorzüglich geeignet scheinenden Stoffen, nen nur eine Zusammensetzung aus erweichten Papier-n, Leimwasser, rothem oder weifsem Bolus, sogenann-Pfeifenkopf und Kreide hier genannt werden möge. Die widerstanden sehr gut der Nässe, wurden zwar im erkohlt, ohne jedoch zu verbrennen, und würden sich hrer Leichtigkeit sehr gut zur Bedachung eignen, in-s steht ihre geringe Härte entgegen, indem nicht eben Steine beim Auffallen sie leicht zerschlagen[6].

---

1. Ann. de Chim. et Phys. T. XVIII. p. 211.
2. Lichtenberg's Magazin. Th. IV. Ht. 4. S. 40.
3. Fabri's allgem. polit. Zeitung 1787. N. 8.
4. Weiss vom Papier. S. 564.
5. Nova Acta Petrop. T. IV. p. 266.
6. Gisen's feuerfester Anstrich aus 3 Th. Lehm, 1 Th. Thon [illegible] Mahlleister (s. nützliche und durch d. Erfahrung bewährte [illegible] u. s. w. 4. Aufl. Hildburgh. 1777), Lord Mahon's Vor-[illegible] Holzwerk mit einem Mörtel aus Sand, Kalk und zerhack-[illegible] zu überziehen, Hartley's Rath, alles Holzwerk durch Eisen-[illegible] einander zu trennen, und andere der Art sind ungeachtet [illegible], durch sie erregten Aufsehens kaum beachtenswerth. [illegible] Mémoires sur les diverses méthodes inventées jusqu'à présent [illegible].

Digitized by Google

157) Beim Verbrennen kommen noch einige sp
erörternde Gegenstände in Betrachtung. Zuerst findet
brennen entweder mit oder ohne Flamme statt, und
here Untersuchung der *Flamme* ist daher hier an
Stelle. Manche Körper erlangen einen sehr hohen
Glühens, verbreiten dadurch ein Licht, wie das Scinti
Fixsterne, sprühen auch nicht selten kleine, hellleucht
tikelchen umher, z. B. Eisen, Platin und andere stre
Metalle im Knallgasgebläse; allein es darf dennoch nic
werden, dafs sie mit Flamme verbrennen. Letzteres is
der Fall bei einfachen und zusammengesetzten Körp
im Allgemeinen mehr bei den zusammengesetzten. So
nen Phosphor, Schwefel, einige Metalle, als Zink,
u. s. w., mit Flamme, noch mehr aber und eigentlich
geist, Aether, die ätherischen und fetten Oele, Thierf
pher, Wachs, Pech, die verschiedenen Körper aus d
zenreiche u. s. w.

Die Alten hielten die Flamme für eine eigenthüm
den Körpern ausgehende Substanz, jedoch ist schon
MONT[1], obgleich er das Feuer als ein Mittelding
Körper und Eigenschaft ansieht, geneigt, die Flamme
Zustand zu betrachten, in welchen die Theile des
Körpers versetzt werden, und MORGAN[2] hält das
Flammen für einen Bestandtheil der verbrennenden K
aus ihnen entwickelt. Bei einiger genaueren Untersu
kannte man bald, dafs die Flamme durch die Entzün
das Glühen der in Dampfform aufsteigenden Bestandt
brennlicher Körper entstehe. Hieraus erklärte daher
die kegelförmige Gestalt der Flamme und einige son
genthümlichkeiten derselben; indefs konnte weder d
die ihm unmittelbar nachfolgenden Physiker eine ge
stellung von der eigentlichen Wesenheit der Flam
weil ihnen, in der Hypothese von einem vorhanden
ston befangen, die Kenntnifs des Sauerstoffs fehlte un
her namentlich die Nothwendigkeit des Zutritts de

pour garantir les édifices d'incendies par M. l'Abbé M
1778. Deutsch Frankf. a. M. 1790.

1 Opera omn. Frc. 1707. 4. p. 120.

2 Philos. Trans. T. LXXV. p. 190.

3 Leçons de Physique. T. IV. p. 471.

Digitized by Google

nicht zu folgern und richtig zu deuten wufsten. Es war nur halb richtig, dafs STAHL[2] annahm, jede Flamme enthalte wässerige Theile in Dampfform und ein mit Flamme brennender Körper müsse daher Wasser als Bestandtheil haben oder wie Kohle und Zink von aufsen aufnehmen. Er bestätigte diesen Satz durch Versuche, wonach die Flamme desto breiter und mit einer desto gröfseren Atmosphäre umgeben seyn sollten, je mehr Wässeriges sie enthielten, weswegen KLIPSTEIN[3] die Gebläse der Schmelzöfen durch Zuführung von Wasserdämpfen zu verstärken rieth. Die wunderlichen Meinungen von EULER, LOZERAN DE FIESC und dem MARQUIS DE CREQUY über die Flamme[4] zu wiederholen ist nicht der Mühe werth, doch kommen alle mit WEIGEL[5] darin überein, dafs die Flamme das eigentliche Feuerwesen selbst sey. Als die Natur der Gase besser erkannt worden war, gelangte man zu der Ansicht, die Flamme bestehe, einige beigemischte Stoffe abgerechnet, aus verbrennendem Wasserstoffgas, das sich mit der sogenannten dephlogistisirten Luft verbinde, wie zuerst BERTHOLLET[6] äufserte, bis die Untersuchungen von CAVENDISH, LAVOISIER und LAPLACE über die Zusammensetzung dieses Gases das Ganze in ein helleres Licht stellten. Dennoch verbanden SCHEELE[7], RICHARD KIRWAN[8], selbst DE LUC[9] ihre Ideen über das Phlogiston mit in die Erklärung der Flamme, bis die allgemeiner aufgenommene, insbesondere aber verbesserte, antiphlogistische Chemie richtige Begriffe über das Wesen der Flammen begründete.

8) Ein verbrennender Körper erzeugt nur dann eine Flamme, wenn glühende Theile von demselben in Dampfgestalt

---

[2] Geo. Ern. Stahlii Experimenta, observationes et animadverss. Lips. 1731. 8. §. 81.

[3] Lithogeognosie. Berl. 1746. 4.

[4] Voigt's Magaz. Th. III. St. 2. S. 169.

[5] Recueil des Pièces qui ont remp. le prix cet. 1738—1747.

[6] Grundrifs der reinen u. angew. Chemie. §. 315.

[7] Lettere sull' aria nativa delle Paludi. Como 1776. 8. Briefe über die natürlich entstehende Sumpfluft. Winterth. 1778. 8.

[8] Chemische Abh. von d. Luft und d. Feuer. Ups. u. Leipz. 1778.

[9] Experim. and Observ. on the spec. gravities and attractive powers of various salines substances. Lond. 1781. 4. Deutsch von v. CRELL. Stettin 1783. 8.

Neue Ideen über die Meteorologie. Th. I. §. 180.

aufsteigen, und die Flamme wird um so viel leuchtender seyn, kann sagen die *Weifse der Flamme* (*albedo*) ist um so grö mehr Theile in ihnen weifsglühen, ohne Beimischung a nicht glühender Theile[1]. Die Flammen verbrennender M sind daher meistens dunkel und nähern sich in ihren d Theilen dem Rauche, weil sich die dicht vereinten glüh Theilchen zu schnell abkühlen. Die zum Leuchten dien Flammen sind vorzüglich durch H. Davy[2] untersucht w Zu ihrer Erzeugung dienen hauptsächlich organische Körp sie können demnach als Producte des Verbrennens ve schungen explodirender Gasarten betrachtet werden. I die Flamme blofs aus reinen verbrennenden Gasarten, a wenig leuchtend, wie die Flamme des Wasserstoffgases i Knallgasgebläses, und diese würde, ungeachtet der unglaub durch sie erzeugten Hitze, fast ganz unsichtbar seyn, wen beide Gasarten im ganz reinen Zustande anwendete. Di ligkeit der Flammen hängt ab von der geeigneten Men zuerst abgesetzten und dann verbrennenden Kohlenstoffs cher in der, die eigentliche Flamme bildenden Mischung dirender Gasarten aufsteigt und weifsglühet. Daher wi Flamme des Wasserstoffgases und des Weingeists durch Zusatz von etwas Terpentinöl nach Hare[3] heller wird überhaupt aber wird die Helligkeit der Flamme dadur dingt, dafs gerade nicht mehr Kohlenstoff vorhanden welcher durch die explodirende Gasmischung im Zustan vollkommenen Weifsglühens erhalten werden kann, ohn zugleich seine Dichtigkeit zu gering sein darf, wodu viele Stellen ungenügend erhellet seyn würden. Die und Leuchtkraft der Flammen hängt also vom richtigen gungsverhältnisse des feinst vertheilten Kohlenstoffs a explodirenden Gasarten ab, was bei der Gasbeleuchtung zugsweise in Betrachtung kommt[4]. Eine Kerzenflamme besehen, zeigt die dunkle Stelle, wo der Kohlenstoff ausg

1 Vergl. Péclet Traité de la chaleur. Par. 1828. 2 T. I. p. 134.

2 Phil. Trans. 1816. p. 116. 1817. p. 75. Journ. de Ph LXXXIV. p. 148. G. LVI. 141.

3 Silliman Amer. Journ. 1820. Apr. p. 172. Schweigger's Th. XXX. S. 374.

4 Vergl. *Gasbeleuchtung*. Bd. IV. S. 1082.

Digitized by Google

ird, kenntlich durch den Contrast damit, wo er verbrennt. die Spitze nimmt die Hitze ab, weil dort der Zutritt erstoffgases, durch die aufsteigende heifse Luft abgehalten, fehlt. Wenn der Docht durch angesammelten Kohlen- ächst, so soll er nach DAVY die Flamme abkühlen und nur zum dunklen Rothglühen kommen. Aus diesen all- en Principien lassen sich leicht die ins Einzelne gehen- geln und Bemerkungen ableiten. Unter andern gehört die Vermehrung der Helligkeit, welche durch geeignete, ame umgebende gläserne Schornsteine erreicht werden Halten diese den freien Zutritt des in der äufseren Luft em Sauerstoffgases mehr ab, so brennt die Flamme dunk- um sie aber dazu, den Luftzug in Folge der in ihnen strömenden heifsen Luft zu vermehren, ohne eine zu Abkühlung zu bewirken, so befördern sie sehr den er Flamme. Man bemerkt daher bei den Liverpool- bei denen die Flamme sich um ein rundes horizonta- t biegt, dafs die ohne den gläsernen Schornstein lange kel brennende Flamme nach dem Aufsetzen dieses ines sich sofort verkürzt, stark flimmert und mit be- vermehrter Helligkeit brennt. Dahin gehören die Unter- en von HOLTHOUSE[1] über die geeignetsten Dimensionen men der gläsernen Schornsteine für die verschiedenen n, wie nicht minder JOHN HERSCHEL's[2] Bemerkung, gewöhnliche Argand'sche Lampe nur bei einer gewis- bung des Schornsteins die gröfste Helligkeit gewährt, icht eben bedeutender Vermehrung oder Verminderung abnimmt, und auch eine so eben gemachte sehr inter- ad nützliche Erfindung, welche dazu dient, die Leucht- öhnlicher Lampen auch bei Anwendung des schlech- les bedeutend zu vermehren, und im Wesentlichen nden Principien beruht. Die Flamme wird in einiger mit einem kurzen, stark und fein durchlöcherten, me- Rohre umgeben, welches oben durch eine Scheibe ver- ist. In der Mitte der letzteren befindet sich ein lches den oberen Theil der Flamme eben durchläfst h diese selbst stark erhitzt wird. Dieses vermehrt

---

ndon and Edinb. Phil. Mag. N. CVII. p. 40.
ndaselbst N. CII. p. 194.

Digitized by Google

nicht blofs den Luftzug im Allgemeinen, sondern insbes
den der sehr erhitzten, durch die engen Löcher eingedrun
Luft, befördert daher das Verbrennen und das Weifsglühe
in der Flamme befindlichen Kohlenstoffs, und diese Bedi
gen, verstärkt durch einen geeigneten Schornstein, erhöhe
Leuchtkraft bedeutend [1].

Aehnliche Untersuchungen über die Flammen, a
Davy, hat auch Porret [2] angestellt. Jede Kerze
me, am meisten die gröfsten und hellsten, ist mit
schwach leuchtenden Hülle umgeben, welche wegen des
ren inneren Theiles weniger sichtbar erscheint, sehr leic
wahrgenommen wird, wenn man ihr Bild in einem
betrachtet. Diese Hülle, welche unten am dicksten ist,
durch die weniger kohlenstoffhaltigen Bestandtheile d
den verbrennlichen Substanzen durch die Hitze erzeugte
arten gebildet. Man sieht dieses deutlich daraus, da
Metallnetz in diesem Theile der Flamme am stärksten
und sich ein Ring oder eine Scheibe von Kohlenstoff
statt dafs letzterer im hellleuchtenden Theile der Flamm
brannt wird. Hält man eine Glasröhre von etlichen Zoll
deren innere Weite der des Dochtes ungefähr gleich ist,
den brennenden Docht, so werden die verbrennenden S
zen in derselben niedergeschlagen und lassen sich an d
ren Mündung entzünden, anwärts aber setzt sich Koh
Man ersieht übrigens ohne künstliche Versuche alles da
die Flamme gewöhnlicher Kerzen betrifft, wenn m
bläst und den aufsteigenden Rauch wahrnimmt, dessen
vorher die Flamme gab. Indem nämlich das durch die H
selbst flüssig gemachte, oder an sich flüssige, thierisch
vegetabilische Fett nach den Gesetzen der Capillarität im
aufsteigt, wird es durch die den letzteren umgebende Flam
Kohlenwasserstoffgas mit einem Ueberschufs von me

---

1 Hierher gehören die Untersuchungen von Christison un
ren über die Intensität des Lichtes, welches die verschiedenen
gase geben, und die Mittel, dieselbe zu vermehren, in Edinbur
Journ. N. XXV. p. 1, vergl. Art. *Gasbeleuchtung* Bd. IV. S. 1114,
neueren über denselben Gegenstand von Andrew Fife in Ed
New Phil. Journ. N. LVIII. p. 214.

2 Annals of Philos. T. IX. p. 337. Bibl. univ. T. V. p.

issenem Kohlenstoff verwandelt, welches aufsteigt und
amme fortdauernd nährt. Ist die Menge des Kohlenstof-
rade genügend, um fortdauernd im stärksten Weifsglühen
n zu werden, so ist die Flamme weifs und hell, ist aber
enge desselben zu grofs, so wird ein Theil mechanisch
issen und setzt sich als Lampenrufs, Kienrufs, Glanzrufs
w. an kalte Körper an. Wird eine Flamme durch Blasen
alter Luft ausgelöscht, was durch Abkühlung des bren-
n Gases leicht geschehen kann, so lassen sich die auf-
den Theile wieder entzünden, wenn man ihnen eine
e nähert; ist aber der Docht am oberen Ende stark ver-
so bewirkt das Blasen der Luft gegen denselben das
ntzünden der Flamme, so dafs man sie abwechselnd
geeignetes Blasen auslöschen und wieder anfachen kann.
Um eine inflammabele Gasart durch glühendes Metall
iden, so wird dazu eine grofse Masse desselben erfordert.
H. Davy[1] wurde ein Strom des aus Kohlen bereiteten
nicht entzündet, als er einen glühenden Eisendraht 0,05
ick und 8 Zoll lang lothrecht hineinhielt, auch nicht
einen horizontal gehaltenen 0,17 Zoll dicken Draht;
n aber 6 Zoll des letzteren lothrecht in eine Flasche mit
gas gehalten, so fand Entzündung statt, indem sich das
llmälig und anhaltend erhitzte. Man überzeugt sich von
nwesenheit des Kohlenstoffs in der Flamme nicht blofs
das Ausblasen derselben, sondern noch einfacher, wenn
einen blanken Platindraht horizontal in die Flamme hält.
Abkühlung setzt sich der Kohlenstoff an den Draht und
er wird schwarz; schiebt man ihn aber durch die Flamme,
ihrennt der Kohlenstoff an dem hervorragenden Ende durch
von aufsen zutretenden Sauerstoff, erhält aber der Draht
gröfsere Hitze, so wird die Gesammtmenge des an ihn
ßten Kohlenstoffs verbrannt und der Draht erscheint
. Libri[2] in seinen gehaltreichen Untersuchungen über die
ne hat zwar unsere Kenntnifs der Sache nicht wohl ei-
ch erweitert, sehr zweckmäfsig ist aber der Vorschlag, zur
eren Betrachtung derselben ihren Schatten im hellen Son-
hte auf einem Blatte weifsen Papiers aufzufangen.

---

[1] Philosoph. Trans. 1816. p. 117.
[2] Bibliothèque univ. T. XXXIV. p. 173. Poggendorff's Ann. X. 294.

Digitized by Google

159) In dem hier Mitgetheilten ist wohl genü
ständig alles dasjenige enthalten, was man über die V
nen Flammen zu wissen verlangen möchte, mit U
der zahlreichen Modificationen, die sich aus den e
lichen Bedingungen leicht erklären lassen. Dahin g
Verschiedenheiten der Flammen des Leuchtgases, de
Masse durch Zutritt des Sauerstoffgases von aufsen
des Weingeistes, der Aetherarten und der ätherischen
keines Dochtes bedürfen und doch verbrennen, des
Phosphors, der verschiedenen vegetabilischen Substanz
Inzwischen giebt es noch zahlreiche Untersuchunge
beim Verbrennen mit Flamme sich zeigenden Eige
keiten, die ohne tiefer eingehende Erörterungen wer
Allgemeinen Erwähnung verdienen[1]. Dahin gehören
die von Blackadder[2], welche hauptsächlich die
vom Blauen zum Gelben übergehende Farbe der V
flamme, so wie auch sonstige bekannte Färbungen de
berücksichtigen. Eine Reihe von Versuchen, welche
anstellte, und die ihm zeigten, dafs das Glühen und
durch erzeugte Hitze in der äufseren Umgebung e
zenflamme wegen des daselbst statt findenden freieste
des Sauerstoffgases am stärksten sey, wurden so vers
ob im Innern der Flamme gar kein Glühen statt f
aber nur bei einer solchen der Fall seyn könnte, in
neres wegen übergrofser Dicke gar kein Sauerstoffgas
gen vermöchte. Dieses veranlafste eine abermalige i
Reihe von Untersuchungen, welche Blackadder[4] an
denen er diejenigen expansibelen Substanzen, welch
Flamme verbrennen, durch sinnreiche Vorrichtungen
Entzündung erhielt, so dafs man auf die angegebene
Stande seyn würde, diese genauer chemisch zu bestim
hieraus die Verschiedenheiten der Flammen sicherer
ren. Waldie[5] bestreitet zuerst den Satz, dafs n

1 Unter andern R. Mallet's Versuche in London an
Phil. Mag. N. XLI. p. 404, die nur beiläufig hier erwäh
mögen.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. I. p. 56.

3 Annals of Philos. N. LX. Dec. 1825. p. 447.

4 Edinburgh New Phil. Journ. N. II. p. 224.

5 London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXX. p. 86. S

; sagen könne, der verbrennliche Körper verbrenne in dem erbrennen bedingenden und durch denselben, indem vielmehr gleichmäfsig hierbei thätig seyen, was sich jedoch schon selbst versteht, sobald man das Verbrennen überhaupt als chemische Action betrachtet. Diese specielle Rücksicht leitete ihn aber zur Construction eines kleinen Apparates, mittelst dessen er verschiedene Gasarten in einander verbrennen liefs und dabei die Formen und Farben der erzeugten men untersuchte. Verbrennt zuerst ein Strom von Leuchtgas in atmosphärischer Luft, so besteht die erzeugte Flamme, wie einer Kerze, 1) aus einem in der Mitte befindlichen dunklen Theile unzersetzten Gases; 2) aus einem sehr en, den dunklen überragenden, sehr leuchtenden und weißen Theile, worin der Kohlenstoff weifs glühet; 3) aus einer en, den dunklen Theil einschliefsenden und in den leuchtenden eintretenden Hülle, welche aus brennendem, aber nicht tem Gase besteht; 4) aus einer Hülle von blauer, ins Röthliche Lila spielender Farbe, unten am dünnsten und nach oben cke wachsend, aus der eigentlich verbrennenden Mischung nend, worin daher die Hitze, begreiflich am meisten im n Theile, am stärksten ist, und 5) aus einer gelblich braunen dünnen, hauptsächlich den oberen Theil umgebenden e, welche aus unzersetzten Producten der Verbrennung be-. Die beiden letzteren sieht man am besten bei einer eren Gasflamme wegen der Intensität ihres Verbrennens. Formen ändern sich je nach der Gasart, welche verund derjenigen, worin sie verbrennt, wobei hauptsächlich *Diffusibilität* der Gase bedingend wirkt, welche nach AM's Untersuchungen den Quadraten ihrer Dichtigkeiten kehrt proportional ist. Auch KEMP[1] fand Anstofs an dem welcher einen wesentlichen Unterschied zwischen verlichen und das Verbrennen bedingenden Körpern aufstellt, liefs daher Sauerstoffgas in Wasserstoffgas verbrennen, wie auch durch HESS[2] mit gleichem Erfolge geschah, welzugleich bemerkte, dafs die Flamme des Sauerstoffgases im

[1] stimmen im Wesentlichen genau mit denen überein, welche in seinen bekannten älteren erhielt. S. Philos. Trans. T. 7. p. 1.

[2] Journal für prakt. Chemie. Th. III. S. 44.
Poggendorff's Ann. XLIV. 536.

reinen Wasserstoffgase gröfser ist, als im Kohlenwasser
weil nach seiner Ansicht vom ersten Gase mehr als v
ten zur Neutralisirung des Sauerstoffgases erfordert wir

160) Die *Farbe der Flammen* sollte eigentlich we
denn wenn die Hitze so stark ist, dafs der Lichtäther
in Schwingungen versetzt wird, und wenn sich aufser
weisen läfst, dafs die Flamme erst beim starken Gl
Körper, beim sogenannten Weifsglühen, brennt, so füh
auf die Voraussetzung einer weifsen Flamme; es folg
schon aus dem Vorhergehenden, dafs nicht alle Theile
sen Zustand des Weifsglühens gesetzt werden, indem
lich oft beim Brennen harzreicher Hölzer und stark
oder Fett getränkter Körper dicke Massen nicht g
Kohlenstoffs als Rauch aufsteigen, und die weifs leu
Theile der Flammen sind daher fast allezeit mit Parti
mengt, welche die Flamme trüben, und mit andern, d
eine eigenthümliche Farbe geben. Die nicht eigentlich
ten gewöhnlichen Flammen haben aufser dem weifsen
theile einige mehr farbig spielende Partieen, wie so
wähnt wurde, die aber wegen der geringen Intensit
Lichtes von keinem merklichen Einflufs sind, sobald
Flamme im Ganzen die bereits bezeichnete Weifse
man ihr zu geben sucht, weil sie dadurch zur Beleuch
geeignetsten wird. Unter modificirenden Bedingunge
indefs stärker auffallende Färbungen hervor. So bemerk
dafs Sauerstoffgas im Wasserstoffgas verbrennend ein
Farbe giebt, selbst wenn es aus Röhren von Glas od
ausströmt, statt dafs im umgekehrten Falle eine bleich
gelbliche Flamme zum Vorschein kommt, da doch in
Fällen eine weifse und auf jeden Fall eine gleiche
entstehn müfste, weswegen er meint, die Farbe der
hänge von der Atmosphäre ab, worin sie brennt. Inz
ist dieses keine Erklärung und die Sache verdient al
näher untersucht zu werden. Nach den unverkennbar
santen Versuchen von Blackadder[2], welcher zur Ver
anderweitiger Bedingungen Weingeist und Oel ohne
verbrennen liefs, wechseln die Flammen dieser Körpe

1 Poggendorff's Ann. a. a. O.
2 Edinburgh New Philos. Journ. N. I. p. 58.

Digitized by Google

n Blau und Gelb, zuweilen mit Weifs, inzwischen läfst
aus seinen ausführlichen Angaben kein kurzes Resultat ent-
men, aufser etwa, dafs die bei der *monochromatischen*
mpe[1] zum Vorschein kommende gelbe Flamme eine Folge
unvollkommenern Verbrennung seyn soll. Das Licht dieser
nochromatischen Lampen ist von geringer Intensität, es ver-
nt daher Beachtung, dafs nach einer Angabe von TALBOT[2]
n einer auffallenden Helligkeit gesteigert wird, wenn man
den Docht einer Weingeistlampe ein Stück Kochsalz legt
einen Strom Sauerstoffgas dagegen bläfst. Legt man statt
n ein Stück Strontiansalz oder Barytsalz auf den Docht,
rhält man die diesen zugehörigen farbigen Flammen von
hrer Lebhaftigkeit, als durch die sonst üblichen Verfah-
garten. Uebrigens gehören die Färbungen der Flammen,
e man sie auf Theatern und bei Illuminationen anwendet[3],
mehr ins Gebiet der Technik, als dafs hier ausführlich dar-
n zu handeln wäre, weswegen nur einige wenige Angaben
fügen werden. Man erhält sie meistens dadurch, dafs Al-
hol, worin die färbenden Substanzen aufgelöst sind, ver-
nnt wird. Salzsaurer Kalk, Baryt oder Strontian geben eine
ht darzustellende, sehr schön rothe Flamme, am besten,
an man nach HÜNEFELD[4] Strontianchlorid in Weingeist auf-
t, und mittelst eines Asbestdochtes oder in einem Platin-
fel erwärmt verbrennt. Eine schöne blaue Flamme erhält
n durch das Verbrennen eines Gemenges aus 2 Th. gebrann-
n Kupfervitriol, 2 Th. weifsem Pech und 1 Th. Salmiak auf
lenden Kohlen oder in einer Weingeistflamme, auch wenn
n etwas davon an den Docht einer Kerze bringt; ebenso
e grüne aus 2 Th. Grünspan, 1 Th. Salmiak und 2 Th.
ch[5]. Sonst kann man auch eine grüne Flamme durch Kali-
e und Kupfervitriol erhalten[6], oder noch einfacher mittelst
er Auflösung von salpetersaurem Kupfer in Weingeist, oder
i gleichen Theilen von pulverisirtem salpetersauren Baryt und

1 S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 62.
2 London and Edinb. Phil. Mag. N. XIII. p. 35.
3 Man läfst das Licht sehr häufig durch gefärbte Gläser fallen, was hier nicht hierher gehört.
4 Schweigger's Journ. Th. LX. S. 383.
5 Lichtenberg's verm. Schriften Th. VII. S. 364.
6 Kastner's Archiv Th. X. S. 483.

Digitized by Google

Kohlen[1]. Nach Herschel[2] wird das Rothfeuer, dess sich in den Theatern bedient, durch Verbrennung von tersaurem Strontian hervorgebracht.

161) Es dürfte hier der Ort seyn, des *indischen feuers* zu gedenken, welches zu nächtlichen Signalen sehr ist und insofern wissenschaftliche Bedeutsamkeit hat. Engländer bedienten sich dessen bei ihren Gradmes theilten es den Franzosen mit, und diese brachten die theile durch chemische Analyse heraus[3]. Diese sind 24 Th. Salpeter, 7 Th. Schwefel und 2 Th. rother A sie werden zu einem feinen Pulver gestofsen und ger mengt in runde Schachteln von der Höhe ihres Hall gepackt. Diese werden mit einem Deckel von Schac versehn, worin sich ein rundes Loch zum Anzünden b Schachtel und Deckel werden mit Papier verklebt, um d streuen beim Transporte zu verhüten. Beim Gebrauch man das Loch im Deckel, um die Masse zu entzünden, s det den Deckel rundherum los, damit er leicht wegflieg entzündet durch eine gewöhnliche *Zündruthe*, welche v französischen Artilleristen[4] aus 4 Th. fein gestofsenem, nigtem Salpeter, 2 Th. Schiefspulver, 2 Th. Kohlenpuls 1 Th. Schwefelblumen, wohl pulverisirt, gemengt und ein Haarsieb gebeutelt, gemacht werden. Diese Masse b sich in papiernen Patronen von der Dicke eines Fed worin dieselbe fest eingestampft wird. Man schneidet di klebte Spitze mit einer Scheere ab, entzündet mittels Lunte oder Kohle die an einem Stocke befestigte Zündrut dann das Weifsfeuer leicht und schnell in Brand setzt, jemals zu verfehlen, das brennende Ende der Zündruthe aber, um das gänzliche Verzehren zu verhüten, mit Scheere abgeschnitten werden. Eine Schachtel mit ind Weifsfeuer von 6 Z. Durchmesser und 3 Z. Höhe brenn wöhnlich 3 Minuten und verbreitet ein so helles Licht,

1 Edinburgh N. Phil. Journ. N. VI. p. 393.

2 Aus Correspond. math. et phys. T. V. p. 254 in Poggen Ann. XVI. 186.

3 S. v. Zach monatl. Corresp. Th. XV. S. 529. Th. XVI. Vergl. allg. geogr. Ephem. Th. III. S. 87.

4 Eine andere Zusammensetzung ist 8 Th. Schwefelblumen, Salpeter und 2 Th. Schiefspulver.

Digitized by Google

lasselbe bald nach Sonnenuntergang bis auf 36000 Toisen
9 geogr. Meilen) sehn kann.

62) Die noch immer zu keinem endlichen Resultate füh-
n Untersuchungen über das *griechische Feuer* hier aufzu-
en wäre zweckwidrig; wahrscheinlich war dasselbe eine
chießpulver, woraus man wegen Neuheit der Sache mehr
te, als eine unbefangene Würdigung ergeben konnte[1].
ur enthalten die Nachrichten über die Wirkungen dieses
s Uebertreibungen, und da von den dazu verwendeten
nzen, ja selbst von der äufsern Beschaffenheit der Masse
oder gar nicht geredet wird, so bleibt die Sache stets
bniete der Vermuthungen, und es ist keine Hoffnung vor-
n, jemals anders, als etwa durch Auffindung einer bis
nicht benutzten historischen Quelle zu einer genauern
nnis hierüber zu gelangen, wie dieses Mac Culloch[2]
ugend dargethan hat. Nach diesem bestand dasselbe ei-
ls aus sehr verbrennlichen, vielleicht Naphtha enthaltenden
nzen, theils aus explodirenden, von denen Salpeter ein
stheil seyn mochte.

63) Demjenigen, was bereits gelegentlich über das *Licht*
t worden ist, *welches die mit Flamme verbrennenden Kör-*
rzeugen, kann hier noch nachträglich Einiges hinzugefügt
en, obgleich diese Aufgabe sich hauptsächlich auf die
truction der zum Erleuchten dienenden Lampen bezieht,
ber bereits in einem eigenen Artikel[3] gehandelt worden ist.
em grofsen Aufschwunge, welchen die technischen Bestre-
n in den neuesten Zeiten erhalten haben, bemächtigen
ie Techniker sofort der durch die Forschungen der Phy-
aufgefundenen Resultate, und man lernt daher gegenwär-
cht selten die praktischen Ausführungen früher kennen,

---

[1] Vergl. Hamburgisches Magaz. Th. XI. S. 347. Th. XII. S.
Anstis will ein Recept dazu in einer Handschrift der Münche-
Bibliothek gefunden haben. S. Sonnini in Biblioth. phys. écon.
T. II. p. 355. ann. 9. T. V. p. 376. Viel ist enthalten in:
Ignium ad comburendos hostes auctore Marco Graeco, ou
de feux propres à détruire les ennemis cet. publié d'après
manuscrits de la bibliothèque nationale. Par. 1804. 4.
New Annals of Philos. T. IV. p. 390. Aus Journ. of the Royal
N. XXVII.

[2] S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 39 ff.

als die wissenschaftlichen Erörterungen allgemeiner werden. Viel konnte indefs zu dem über diesen Gr bereits Bekannten neuerdings nicht hinzukommen, d Aufgabe durch den Grafen Rumford so erschöpfend b worden war. Will man auf ältere Bemühungen zurück enthalten Wild's[1] Versuche über die Substanz der Do die Anwendung der verschiedenen Combustibilien zur tung einige Belehrungen, denen jedoch genauere photo Bestimmungen abgehn. Letzteres ist nicht der Fall bereits erwähnten Versuchen des Grafen Rumford[2], d einen vorzüglichen Werth haben und aus denen he dafs die Stärke des Lichts wächst, wenn durch gröf tensität der erzeugten Hitze ein höherer Grad des We des in der Flamme enthaltenen Kohlenstoffs hervo wird. Hiermit stimmt H. Davy's[3] Ansicht überein, die grofse Helligkeit der Argand'schen und Liverpool- auf der grofsen Hitze beruht, welche der Flamme d eigen ist und den verbrennlichen Substanzen mitgeth Hierauf beruhn auch die durch Reid[4] aus seinen V entnommenen Regeln für die Beschaffenheit der Kerze wonach sie weder zu dick noch zu dünn seyn dürfen besten aus einzelnen neben einander geordneten Strä stehn. Hassenfratz[5] mufste im Auftrage der Regierung (Jahr d. Republ.) die Intensität des durch verschiedene gegebenen Lichtes und die hieraus folgende sparsam thode der Beleuchtung untersuchen. Auch dieser brach bei die Photometrie durch den Schatten in Anwendung aber von den durch Rumford gefundenen sehr abw Resultate, denen wohl die wenigsten beipflichten dürfte nach ihnen wird von weifsen Wachskerzen dreimal verzehrt, als von Rübsamenöl in einer Zugluftlampe v nend, um gleiche Mengen Licht zu geben, und doppelt

1 Voigt's Magazin. Th. II. S. 652.

2 Aus Philos. Trans. 1812. in Bibl. Brit. T. LIV. p. 8. ger's Journ. Th. IX. S. 240.

3 Philosoph. Trans. 1817. p. 74. Vergl. oben §. 157 daselbst angegebene Mittel zur Verstärkung des Lichtes.

4 Wiener Zeitschrift. Th. IX. S. 230.

5 Ann. de Chim. T. XXIV. Daraus in Scherer's Journ S. 453.

Digitized by Google

...n Wallrathkerzen. Hiervon sehr abweichende Ergebnisse ...aus den Versuchen hervor, die von HERMBSTÄDT[1] in ...höherer Aufforderung mit verschiedenen Arten von Ker... ...gestellt wurden, inzwischen sind seine photometrischen ...en zu wenig sicher, als dafs sich genaue Bestimmungen ...ableiten liefsen.

164) Nachträglich zu dem, was in dem genannten Artikel ...die Construction der *Lampen* gesagt worden ist, kann hier ...eine ausführliche Abhandlung über diesen Gegenstand von ...ELLI[2] in Mailand erwähnt werden. Hieraus ersieht man, ...die durch ROB. BOYLE angegebenen Lampen, bei denen ...niveau durch den Luftdruck stets gleich erhalten wird, ...im Anfange des 17ten Jahrhunderts durch CARDANUS[3] ...schlagen, die durch GIRARD verfertigten aber durch CA... ...nicht unwesentlich verbessert worden seyen. CRIVELLI ...bringt eine der letztern ähnliche, und zwar verbesserte, in ...schlag, deren Beschreibung aber für den vorliegenden Zweck ...weitläuftig seyn würde, weswegen ich mich begnüge, auf ...Quelle zu verweisen; eine Aufzählung der verschiedenen ...en Verbesserungen der Lampen bezüglich auf ihre Form ...deren Bau wird man aber hier nicht suchen[4]. In wissen... ...licher Hinsicht wichtig für den Chemiker und in vielen ...en auch für den Physiker sind die *Weingeistlampen*, deren ...sich zum Erhitzen, zum Abdampfen, Verflüchtigen u. s. w. ...ssig bedient. Aufser den gewöhnlichen ist vorzüglich ...von BERZELIUS empfohlene, mit einem Argand'schen Dochte, ...Beachtung am meisten werth; Verbesserungen derselben ...unter Andern HESS[6] und BATKA[7] in Vorschlag ge... ..., der Gegenstand fällt indefs der Chemie in Beziehung

---

1 Scherer's Journ. Th. IV. S. 40.

2 Jahrbücher des polyt. Instit. in Wien. Th. XIV. S. 1.

3 De subtilitate.

4 Journal de l'Industrie nationale et étrangère 1825. Sept.

5 Vergl. ARAGO und FRESNEL über mehrere parallele Dochte und ...Anwendung auf Leuchtthürmen in Ann. de Chim. et Phys. T. XVI. ...and GUTTON's Auszug aus Nicholson's Journ. N. II. über Lam... ...überhaupt. Ebend. T. XXIV. p. 104.

6 Poggendorff's Ann. XLI. 198.

7 Ebendaselbst XLIII. 183.

Digitized by Google

auf chemische Geräthschaften anheim. Schliefslich m
noch einer Erfindung gedacht werden, die sich auf e
gabe Blackadder's[1] gründet, dafs man statt eines
auch ein enges Röhrchen benutzen könne, worin
durch Capillarität aufsteigt und an der obern Spitze e
weiter brennt. Wenn man daher ein enges, kaum
weites Röhrchen von dünnem Glase oder von Metall d
dünnes Blech und dann durch einen Kork steckt, letzt
gereinigtem Oele schwimmen läfst und das Oel an d
des Röhrchens entzündet, so brennt es mit einer klein
nehmend weifsen Flamme, der des Leuchtgases ähnlic
wegen man eine solche Vorrichtung auch *Gaslampe*
hat. Leider steht dem Gebrauche entgegen, dafs d
Ende des Röhrchens sich durch erhärteten Kohlenst
stopft, welcher am Rande und im Innern so fest ansit
man ihn nur selten wegnehmen kann, ohne das Röh
zerbrechen.

Eine sehr wichtige Aufgabe ist die Bestimmung d
memenge, welche durch das Verbrennen der verse
Körper erzeugt wird, wobei nur im Vorbeigehn bem
den kann, dafs man sich hierbei zum Messen eigener
bedient, *Calorimeter* genannt[2], und zwar neuerding
Regel des Wassercalorimeters, mit denjenigen Abän
und Modificationen, welche die jedesmaligen Zw
fordern.

165) Soll ein Verbrennen statt finden, so mufs n
aufgestellten Begriffe ein *Glühen* vorhanden seyn, welc
Dunkelrothglühn durch Kirschroth zum Weifsglühn
Im Allgemeinen ist die vorhandene Hitze der Stärke de
proportional, allein es giebt sehr viele Abweichungen
ser Regel. Die zunächst liegende Frage, wie grofs
seyn müsse, um überhaupt das Glühn hervorzubrin
noch keineswegs genügend beantwortet worden, auch st
bestimmten Entscheidung der Umstand entgegen, dafs d
ungleichen Körpern verschieden ist. Schon Fordyce
gefunden haben, dafs wenn Körper ungefähr von 160°

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. I. p. 52.
2 S. Art. *Calorimeter*. Bd. II. S. 9.
3 Philos. Trans. T. LXVI. p. 504.

Digitized by Google

hitzt werden, das Glühen beginne, allein der brennende phor habe bei weitem diese Hitze nicht, und THÉNARD[1] rkte bei seinen Versuchen mit dem *Tachopyrion*, dafs tannholz unter atmosphärischem Drucke in Sauerstoffgas blofs ant werde, ohne zu brennen, unter einem Drucke von Met. Quecksilberhöhe aber schon bei 252° C. in Brand ge- . Man setzt den Schmelzpunct des Bleies bei ungefähr C., und da bekanntlich Blei sich in Papier schmelzen wobei letzteres blofs verkohlt wird, welches Verkohlen ben gleichfalls eintritt, wenn man es in geschmolzenes mmittelbar vor seinem Gestehn taucht, so ist hieraus zu ssen, dafs das Verbrennen des Papiers bei noch höherer eratur statt findet. PÉCLET[2] meint, zur Erzeugung des beim Verbrennen seyen wenigstens 500° C. erforderlich, den sorgsamen Messungen von POUILLET[3] mit seinem Luft- eter verdanken wir einige genauere Bestimmungen hier- Hiernach ist

gendes Roth . .	525° C.	dunkel Orange . .	1100° C.
chroth	700 —	hell Orange	1200 —
Kirschroth . . .	800 —	Weifs	1300 —
chroth	900 —	hell Weifs	1400 —
s Kirschroth . .	1000 —	blendend Weifs . .	1500 —

von macht jedoch die helle Flamme des Phosphors, welche Hitze nicht zu haben scheint, eine Ausnahme, und auch en können heifser seyn, als selbst zum Weifsglühn er- ch ist, ohne nur überhaupt zu glühn, denn nach H. welcher die Hitze des glühenden Glases durch die ung der Luft gemessen zu 557° C. annimmt, ist ein m, in welchem Metalldrähte weifsglühend werden, nicht . Auf gleiche Weise ist die Flamme des Knallgasge- am Tage kaum sichtbar und würde noch weniger leuch- eyn, wenn man reine Gase anwendete; dennoch aber dadurch erzeugte Hitze so unermefslich grofs. Wich-

[1] Ann. de Chim. et Phys. T. XLIV. p. 181.
[2] Traité de la chaleur. Par. 1828. T. I. p. 181.
[3] Compte rend. 1836. T. II. p. 782. Poggendorff's Ann. XXXIX. POUILLET Eléments de Physique. Par. 1837. T. I. p. 238. Philos. Trans. 1817. p. 54 u. 67.

tig in dieser Beziehung sind die Versuche, welche Fyfe[1] angestellt hat, um die verhältnifsmäfsigen Me Licht und Wärme zu ermitteln, welche durch Leu zeugt werden, wenn es aus den verschiedenen in En bräuchlichen Apparaten ausströmend verbrennt. Die ten des Lichts zeigten sich hierbei bedeutend verschie gleiche Mengen verbrannten Gases gaben als einfac verbrannt 100, mit zwei andern Vorrichtungen 140 mit einem Glasschornsteine nach Art einer Argand'sch verbrannt 180, also bedeutend ungleiche Quantitat Ganz anders aber verhielt es sich mit der erzeug me. Um diese zu messen, diente ein sehr einfache

Fig. 44. Ein einfacher hohler Cylinder von Blech B, oben zum der Verdampfung mit einem Deckel verschlossen, ha nem Innern einen andern A von etwas geringerm D und nicht ganz bis zur Mitte des gröfsern hinaufrage cher unten offen und mit der Röhre cc zum Ab etwa entstehenden Rauches versehn war. Verbrannte me im Innern des kleinen Cylinders A, so theilte s gröfseren befindlichen Wasser die erzeugte Wärme m bei zeigte sich, dafs gleiche Mengen verbrannten G gleich sie zwischen 15 und 40 Minuten Zeit zum bedurften und sehr ungleiche Mengen Licht entwick che Erwärmungen des Wassers erzeugten. Noch zeigte sich dieses Resultat, als die Argand'sche L welcher das Gas aus 42 kleinen Oeffnungen ausstr gewandt wurde. War die Flamme 3 Zoll hoch und nnten brennend, mit einem Glasschornsteine, so er das Wasser um 55° F., und um ebenso viel, wenn si Zoll hoch ohne oder mit einem Schornsteine 12 Minut ja auch dann, wenn sie kaum sichtbar 30 Minuten brennen der gleichen Menge von Gas bedurfte. Hie man also sagen, dafs die erzeugte Hitze allezeit, o sicht auf die Menge des erzeugten Lichtes, der Q verzehrten Gases proportional ist. Es scheint daher starren Körpern zukommende Eigenschaft zu seyn Glühhitze proportionales helleres Licht zu erzeugen theoretisch höchst wichtige, meistens ohne genaue

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. LVIII. p. 227.

Digitized by Google

ommene Satz, dafs die Intensität der Wärme der Inten-
les Lichts stets proportional sey, ist nicht als allgemein
zu betrachten.

st dagegen der erforderliche, durch die Intensität des
sich ankündigende Grad des Glühns wirklich vorhanden,
nnen auch andere Körper dadurch zu einer gleichen Glüh-
gebracht werden, wenn sie nicht durch ihre Masse zu
kühlend wirken oder zu viel Wärme erfordern, um
glühend zu werden. In einer gewöhnlichen Lichtflamme
eifsglühhitze vorhanden, wie man namentlich zuweilen
nen, in die äufsern Theile der Flamme sich erstrecken-
glänzend weifsglühenden Theilchen des Dochtes sieht,
mufs sie auch dünne Körper zu gleicher Hitze bringen,
gen nach PARROT[1] feinste Glasfäden in ihr schmelzen,
old dünner übergoldeter Silberdrähte verflüchtigt wird und
raht in ihr verbrennt. Hält man das Ende einer Clavier-
fo. 12 einen Augenblick in eine Kerzenflamme, so wird
n Herausziehn unter Funkensprühn verbrennen, ja TEN-
verbrannte auf diese Weise sogar feinsten Platindraht,
Hallendsten aber ist die durch die kaum sichtbare Flamme
allgasgebläses erzeugte Hitze.

(6) Nach dem in LAVOISIER's antiphlogistischem Sy-
aufgestellten Satze, dafs das Verbrennen auf einer Ver-
ng des Sauerstoffs mit verbrennlichen Grundlagen beruhe,
nan geneigt, den Ursprung der Wärme bei diesem Pro-
bloss von der Bindung des Sauerstoffgases abzuleiten, die
der erzeugten Wärme aber der Quantität des verzehrten
toffgases proportional zu setzen, und WELTER[2] behauptet
die durch gleiche Mengen Sauerstoffgas erzeugte Wärme
s gleich, mit welchem brennbaren Stoffe dasselbe auch
den seyn möge; allein dieses stimmt weder mit der
e noch der Erfahrung überein. H. DAVY[4] erklärt sich
gen und behauptet namentlich, unter den Gasarten gebe
rstoffgas die gröfste, Kohlenoxydgas dagegen die gering-
itze. Bei der langsamen Verbindung des Sauerstoffs mit

Theoretische Physik. Th. II. S. 95.
Philos. Trans. 1816. p. 117.
Ann. de Chim. et Phys. T. XIX. p. 415. T. XXVII. p. 223.
Philos. Trans. 1817. p. 52. Biblioth. univ. T. IV. p. 158.

Digitized by Google

Phosphor unter nicht unbedeutender Lichtentbindung erzeugte Wärmemenge sehr gering; ja man hat gegl werde dadurch gar keine Wärme frei. Letzteres zwischen nicht der Fall, obgleich die geringe Quan gewöhnlichen Thermometern nicht leicht wahrgenomm Nobili und Melloni[1] brachten aber in einem klei flector ein Stück verleuchtenden Phosphor an, stellten thermoelektrischen Säule gegenüber und erhielten a Ablenkungen der Magnetnadel, welche Wärmeentbindun ten, obgleich eine weit geringere, als dafs man sie de des verzehrten Sauerstoffgases, wenn man andere Proce vergleicht, proportional setzen könnte[2]. Wenn es a allgemeines Princip giebt, woraus die Menge der e Wärme sich entnehmen läfst, oder ein solches bis jetzt we nicht aufgefunden worden ist, so mufs dieselbe durch E gefunden werden. Hierüber besitzen wir eine zahllos Versuche, von denen hier nur einige der wichtigern a men sind; allein die verschiedenen Resultate stimme einander nicht vollkommen, mitunter sogar sehr wenig weil die Versuche schwer und mannigfaltig bedingt sin Messungen mit dem Calorimeter gehören zu den sehr rigen rücksichtlich der genau zu bestimmenden mittler peratur der gesammten Wassermasse oder der Menge schmolzenen Eises, der Einfluſs der Wärmestrahlung nach aufsen ist nicht leicht zu bestimmen, und aufserd die raschere oder langsamere Verbrennung und die voll Mittheilung aller dadurch erzeugten Wärme an das Ca nicht unbedeutende Fehler herbeiführen, so dafs aus allen die Verschiedenheit der erhaltenen Resultate leicht bar wird.

167) Wissenschaftlich würde es vom gröfsten seyn, zuvor die Wärmemenge genau auszumitteln, durch die Verbindung des Sauerstoffs mit *einfache* pern erzeugt wird, und dann bei zusammengesetzten

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 198. Poggendo XXVII. 449.

2 Es liefse sich annehmen, dafs zwar eine gröfsere Me me erzeugt, aber durch die Expansion des Phosphordampfe gebunden würde.

3 Vergl. Guyton de Morveau in Ann. de Chim. T. XC.

Digitized by Google

Berechnung zu prüfen, ob und wie weit die erzeugten
nemengen der Summe der durch die einfachen Bestand-
derselben hervorgerufenen gleich sind. In einigen Fällen
ieses durch den Grafen RUMFORD, durch PÉCLET und
re geschehn, keineswegs aber vollständig genug, um zu
i Gesetzen zu gelangen, und überhaupt sind die meisten
r gehörigen Versuche blofs zu dem Ende angestellt worden,
auszumitteln, welche Brennstoffe technisch mit dem gröfsten
eil verwandt werden. Unter die wichtigsten ältern Versuche
Art gehören die von LAVOISIER[1] mit seinem Eiscalorime-
gestellten, um die Heizkraft der in Paris gangbaren Com-
lien auszumitteln, die von HASSENFRATZ[2], wobei er sich
falls des Eiscalorimeters bediente, desgleichen die von
IER und DESORMES[3] über die verhältnifsmäfsige Wärme-
ction durch Verbrennung der Holzkohle, der Steinkohle,
lzes und Torfs, insbesondere aber die des Grafen RUM-
[4], wobei er sich des nach ihm benannten Wassercalori-
bediente. In diesen ist zunächst eine rein wissenschaft-
Tendenz vorherrschend, inzwischen war auch dieser Ge-
durch die Bemühungen, die Heizapparate in München prak-
n verbessern, zur nähern Untersuchung dieses Problems ver-
worden, weswegen sich dann aus seinen Versuchen zu-
die ungleichen Wärmemengen ergeben, die man durch
Verbrennen verschiedener Combustibilien zu erhalten ver-

Unter die ältesten, aber stets noch der Beachtung wer-
Versuche, die eben daher gewöhnlich neben denen von
IER und RUMFORD genannt zu werden pflegen, gehö-
e von CRAWFORD[6], ungleich vorzüglicher sind die von
N[7], welcher sich dabei eines Wassercalorimeters be-

Histoire de l'Acad. 1781. p. 379.

Ann. de Chimie T. XXIV. p. 78.

Recherches physico-chimiques de MM. GAY-LUSSAC et THÉ-
T. II. p. 344.

Aus Nicholson's Journ. 1812. Juni in G. XLIV. 1. XLV. 23

Experimental Essays political, economical and philosophical.
I. G. III. 309. IV. 85. 222. 330.

On animal heat and combustion. Second ed. Lond. 1788.

Ein neues System der chemischen Theils der Naturwissenschaft.
A. Berl. 1812. Th. I. S. 87.

Digitized by Google

diente, dessen Inhalt genau 30000 Grän Wasser betr
Menge der verbrennenden Gase aber, die in einer B
einem Hahn befindlich waren, wurde so gewählt, dafs
lumen derselben unter atmosphärischem Drucke so gr
als das von 30000 Grän Wasser; die sonstigen Sul
verbrannten in einer Lampe so, dafs die Spitze der
genau den Boden des Calorimeters berührte. Bei all
brennungen diente die Temperaturerhöhung des Was
vergleichbares Mafs. Eine von dieser fast allgemein in
dung gebrachten abweichende Methode wählte Marcus
um die verhältnifsmäfsige Heizkraft der in America ge
lichen Brennmaterialien, namentlich der verschiedenen
ten, zu messen. In einem gut verschlossenen gröfse
mer erbauete er ein kleineres blofs aus Holz, als schlec
meleitender Substanz, setzte ein kleines Oefchen hinei
die Stoffe möglichst gleichmäfsig verbrannten, sorgt
dafs der Raum beim Durchgange durch ein sehr langes,
nern des kleinern Zimmers herumgeführtes Rohr sich
abkühlte, und mafs die erzeugte Wärme vermittelst
Thermometer.

168) Die Vergleichung der erhaltenen Resultate l
auf zweierlei Weise anstellen, entweder indem man di
des zum Verbrennen erforderlichen Sauerstoffgases als
annimmt und die durch die Verbindung mit derselben
Wärme der verschiedenen Combustibilien bestimmt, od
man das Gewicht der letztern als Einheit betrachtet u
Rücksicht auf die Menge des verzehrten Sauerstoffgases
zeugte Wärme mifst. Die Bestimmungen nach der erst
thode sind wichtig zur Entscheidung der Frage, ob
zeugte Hitze der Quantität des verzehrten Sauerstoffgases
proportional ist, nach der zweiten aber haben sie e
ökonomisches Interesse, sofern beim gewöhnlichen Ve
die atmosphärische Luft das erforderliche Sauerstoff
Aufwand von selbst hergiebt und es sich daher blofs

1 Aus Transactions of the Phil. Soc. at Philadelphia T.
in Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie n
XXVI. ann. 1827. Daraus in Jahrbücher des Wiener polyt.
Th. XVI. S. 344 u. Péclet Traité de la Chaleur. T. I. p. 14
Trans. of the Amer. Phil. Soc. New Ser. 1826. in Dingler
Journ. Th. XXIV. S. 251. 336.

Digitized by Google

e des erforderlichen Brennstoffs handelt. Nach der letz-
ffethode hat PÉCLET[1] eine Zusammenstellung gegeben, die
ier mit einigen Zusätzen mittheile, und zugleich bemerke,
lie Zahlengrößen der erzeugten Hitze nur einen relativen,
Vergleichung dienenden Werth haben, die brennbaren Sub-
en aber, so wie das verzehrte Sauerstoffgas, in Gewich-
ausgedrückt sind.

Brennstoffe	verzehrtes Oxygen	erzeugte Hitze	Beobachter
trocknes Holz	1,377	3500	RUMFORD
ltr. Holz (25 Proc. Wasser)	1,033	2600	RUMFORD
Kohlen	2,655	7300	LAVOISIER
lette Steinkohlen	2,234	6000	CLEMENT
. . . . .	2,655	6500	MARCUS BULL
Torf	. . .	3000	CLEMENT
Kohlen	. . .	6400	PÉCLET
ygen	8,038	23400	LAVOISIER
—		22125	CLEMENT
—		23640	DESPRETZ
enwasserstoff	3,923	6375	DALTON
engendes Gas	3,370	6600	DALTON
enoxydgas	0,572	1857	DALTON
nöl	3,020	9044	RUMFORD
—		11196	LAVOISIER
ltigtes Rübsöl	. . .	9307	RUMFORD
nfeleather	2,520	8030	RUMFORD
hol	2,470	6195	RUMFORD
us (Weingeist gew.) . .	. . .	5261	RUMFORD
Talk	3,109	8639	RUMFORD
—		7186	LAVOISIER
ies Wachs	3,129	9479	RUMFORD
—		10500	LAVOISIER
tha (spec. Gew. 0,827) .	3,228	7338	RUMFORD
phor	1,380	7500	LAVOISIER
pentinöl	3,228	4500	DALTON
rfel	1,005	1462	DALTON
nöl	1,180	9475	RUMFORD

Aus diesen Bestimmungen ließe sich leicht finden, wie
n die relative Wärmemenge ist, welche durch die Verbin-
g gleicher Theile Sauerstoff mit den verschiedenen brenn-

[1] Traité de la Chaleur. T. I. p. 220.

baren Substanzen erzeugt wird, wenn anders jene s
wären, dafs es sich der Mühe lohnte, diese Berechnu
zustellen, um ein allgemeines Gesetz darauf zu gründe
zu gedenken, dafs die durch die verschiedenen Gelehr
fundenen Resultate merklich von einander abweichen,
spielsweise mögen nur einige dieser Angaben hier a
werden[1]. Nach Despretz verhält sich die durch gleich
gen Sauerstoff mit Wasserstoff und Kohle erzeugte Wä
1:1,012, nach Dalton die durch 1 Th. Sauerstoff e
zeugendem Gas, mit Kohlenwasserstoffgas, mit Kohlen
und mit Phosphor erzeugte Wärme wie 1:0,819:1,69
H. Davy[2] fand beiläufig, dafs bei gleichen Theilen Sa
gas die Wärmemenge mit Kohlenoxydgas = 1, mit
thionsaurem Gas = 1,12, mit ölerzeugendem Gas = 1
Wasserstoffgas = 4,3 ist. Nach einer spätern Versu
von Despretz[3], wovon jedoch nur einige Notizen bek
worden sind, entwickelt 1 Gramm Sauerstoff mit Wa
2578°, mit Kohlenstoff 2967°, mit Eisen 5325° C.
me, und dem Eisen kommen Phosphor, Zink und Z
nahe[4].

169) Wir besitzen aus der neuesten Zeit eine Arbe
che leider nicht vollendet worden ist, denn sonst würde
muthlich alle diesen Gegenstand betreffende Fragen erle
ben; der für die Wissenschaft zu früh verstorbene
hatte sie begonnen, es sind aber nur einzelne von ihm
dene Resultate aus seinen Papieren zu unserer Kennt
langt[5]. Das von ihm gebrauchte *Calorimeter*[6] war de
sen nach ein Wassercalorimeter und bestand aus einem
eckigen kupfernen Kasten, 10 Cent. lang, 7,5 Cent. br

---

1 Vergl. L. Gmelin Handbuch der Chemie. Th. I. S. 14
burgh Journ. of Science. N. XVII. p. 161.

2 Schweigger's Journ. Th. XX. S. 12.

3 Ann. Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 180. Pogg
Ann. XII. 519.

4 Für technische und ökonomische Benutzung des Br
rials ist belehrend: Buchanan practical and descriptive Es
Glasgow 1810. Ein Auszug in Bibl. Brit. T. XLVI. p. 105.

5 Aus compte rend. T. VII. p. 871 in Poggendorff's An
461.

6 Die Beschreibung ist etwas undeutlich, doch läfst s
Wesentliche der Construction daraus entnehmen.

Digitized by Google

t. tief. Die zu verbrennenden Substanzen wurden in geleitet durch zwei Röhren, deren eine parallel an der herabgehend etwas über dem Boden einmündete, die anerst vertical herabgehend, dann unter dem Boden hin-, mündete vertical aufsteigend in demselben, und beider agen hatte man mit Dillen versehn. Waren die hierherbeigeführten Substanzen verbrannt, so entwichen die erzeugten gasigen Producte und die erhitzte Luft aus sten durch einen rechteckigen Canal von 5 Cent. Weite, Mündung etwas über dem Boden in der dem Eintritt Verbrennen bestimmten Substanzen gegenüber liegend befindlich war. Dieser Canal, in fast horizontaler sieben- bis achtmal hin und her gebogen, ging dann krecht herab und stieg demnächst wieder herauf, um cylindrischen Dillen zu endigen, deren eine, in der s Rohrs befindlich, das Thermometer aufnahm, um die atur des Gases zu messen, welches durch die andere ein Gasometer geführt wurde. Durch ein mittelst eisscheibe bedecktes, in einer der Ecken aufgelöthetes ssen sich die Erscheinungen des Verbrennens beobachin horizontales, auf der Ebene der Zuleitungsröhren thes Rohr sollte wahrscheinlich zur Verbrennung von keiten dienen. Der obere Rand des Kastens war mit Rinne versehn, in welche die Ränder eines kupfernen gesenkt und durch Quecksilber abgesperrt wurden; Deckel aber trug ein zwei Cent. weites kupfernes Rohr. ze Kasten nebst Zubehör, mit Ausnahme der Dillen, einen andern mit Wasser gefüllten Kasten von 11 asinhalt eingeschlossen und zur Messung der Temdes stets umgerührten Wassers dienten zwei Thermo-

Beim Experimentiren verbrannten die Gase an den der Zuleitungsröhren, die Flüssigkeiten mittelst Baumiden in einem sie enthaltenden Röhrchen, das Eisen als spiralförmiger Draht verbrannt, die übrigen Metalle rform in einer Kapsel von Kupfer oder Platin, und sie mit einer indifferenten Masse gemengt, wenn man ihr enballen fürchtete; die Entzündung geschah durch etschwamm, die Kohlencylinder mit scharf zulaufender wurden in Kohlenpulver stark geglüht, nach langsamem n brauchte man nur ihre Spitze in einer Weingeistflamme

glühend zu machen, worauf sie in Sauerstoffgas weite
ten. Vor allen Dingen benutzte Dulong die durch H
angegebene Vorsicht, den Apparat vor dem Anfange
suches ebenso weit unter die Temperatur der Umgeb
zukühlen, als seine Wärme beim Ende desselben
trug, und die Zeitdauer bis zur Erreichung des Mit
die nach dem Eintritt desselben einander möglichst
machen.

Als allgemeine Resultate, welche Dulong aus
kannt gewordenen und den vielleicht noch in seinen
verborgenen Versuchen entnommen hat, werden folge
gegeben: 1) die entwickelten Wärmemengen sind fü
Substanzen fast gleich bei verschiedenen Temperaturen

2) Gleiche Volumina von allen Gasen entwickeln
Verbindung mit Sauerstoff gleiche Wärmemengen.

3) Auf eine gleiche Sauerstoffmenge entwickelt sich e
che Wärmemenge, es mag sich eine Verbindung wi
oder $R + 2O$ bilden.

4) Bei den starren Substanzen sind die entwickelt
memengen sehr ungleich.

Der erste dieser Sätze ist sehr wichtig und es läfst
gen denselben, so wie gegen den vierten nicht wo
einwenden; der zweite und dritte, wenn man den letz
nau nimmt, scheinen mir unter sich im Widerspr
stehn, stimmen aber auch mit den von Dulong selbst
benen einzelnen Resultaten nicht überein. Hierbei
Wärmeeinheit diejenige angenommen, welche 1 Gramm
Wassers bei mittlerer Temperatur um 1° C. zu erwärm
mag; die Dichtigkeit der Gase ist auf 0° Temperatur
Met. Barometerstand reducirt. Die folgende Tabelle en
mittleren Resultate aus mehrern Versuchen, und zwa
die Wärmemengen, welche ein bestimmtes Mafs der
ren Substanz durch Aufnahme des erforderlichen S
entwickelt, und dann diejenige, die durch Verbindung
nem bestimmten Mafse Sauerstoff mit dieser Substan
wird.

Digitized by Google

Ein Liter	Wärme	Ein Liter	Wärme
rstoff	3106,64	Sauerstoff	6207,28
ſluft	9587,67	Sauerstoff	4695,32
noxydgas . . .	3130,33	– – – – –	. . . .
lendes Gas . . .	15338,0	– – – – –	. . . .
holdampf	14380,5	– – – – –	. . . .
ntinöldampf . .	70607,0	– – – – –	. . . .
efelatherdampf	33350,5	– – – – –	. . . .
. . . . .	12270,3	– – – – –	. . . .
m Schwefel . .	. . . .	– – – – –	2601,16

nem Liter Sauerstoff gab die zur Sättigung erforderliche e folgende Wärmequantitäten:

Eisen	6216,5	Antimon . . .	5365,8
Zinn	6508,6	Zink	7576,6
Zinnoxydul . .	6405,6	Kobalt	5721,0
Kupfer[1] . . .	3531,3	Nickel	5333,0
Kupferoxydul	3130,0		

so scheint vermuthet zu haben, daſs zwischen den ſchen *Wärmen* der Stoffe und der durch gleiche, beim nnen absorbirte Sauerstoffmengen erzeugten Wärme ein ches Verhältniſs obwalte.

170) Schlieſslich muſs hier noch eine Behauptung erwähnt n, welche Dr. Thomas Mac Keever[2] auf eine Reihe ihm angestellter Versuche gründet. Hiernach soll der nnungsproceſs im Lichte rascher erfolgen, als im Schatten,

---

Beim Kupfer und Antimon wird die Sauerstoffmenge nach und Gewicht angegeben; da ich mir aber nicht vorzustellen , wie ein *Liter* Sauerstoff nach Maſs und Gewicht verschieden kann, so vermuthe ich, daſs das, was *nach Maſs* heiſst, die ttelbar gemessene Gröſse, *nach Gewicht* aber die corrigirte be- net, denn für die Bestimmung des Sauerstoffgases wird 0° C. eratur und 0,76 Met. Barometerhöhe angenommen, wonach also esultat der Messung corrigirt werden muſste. Die von mir auf- nmenen Gröſsen sind daher die nach Gewicht mit Benutzung der wahrscheinlichen, durch Poggendorff angegebenen Verbes- g.

Ann. of Phil. N. S. T. X. p. 344. Daraus in Poggendorff's Ann. 509.

Digitized by Google

und die Ursache dieses Einflusses in der desoxydirenden
kung der Sonnenstrahlen liegen. Diese letztere Verm
baut er auf eine Versuchsreihe, wonach gleiche Mengen
cher Kerzen unter übrigens gleichen Bedingungen in den
letten Strahlen in kürzerer Zeit verzehrt wurden, als i
rothen und gelben. Die Thatsache hat etwas sehr Auffall
denn statt der sehr entfernt liegenden Erklärung, dafs
die desoxydirende Wirkung der Sonnenstrahlen der Ve
nungsprocefs als eine Art Oxydation merklich gehindert
den könne, sollte man vermuthen, dafs umgekehrt das
brennen im Sonnenlichte rascher erfolgen müsse, da nach
Erfahrungen die Wärme den Verbrennungsprocefs beg
befördert und auch in den vorliegenden Versuchen die
peratur in den Sonnenstrahlen merklich höher war, a
Schatten. Inzwischen gesteht Keever selbst, dafs er an
Versuche nicht die nöthige genaue Sorgfalt verwandt habe,
durch die Resultate den erforderlichen Grad der Zuverläs
erhalten haben könnten, und wir müssen also mit Pog
dorff die mitgetheilten Thatsachen für nicht genügend
ten, um eine physikalische Wahrheit darauf zu gründen,
mehr, als weder der erste Experimentator noch auch
ein anderer Physiker seitdem diesen Gegenstand weite
prüft hat.

171) Wenn es sich darum handelt, die Erscheinung
Verbrennens mit den allgemeinen Gesetzen der Wärmele
Einklang zu bringen, so lassen sich die hierüber aufges
Hypothesen unter vier Classen ordnen. Nach Berzelius[1]
im Allgemeinen alle Wärmephänomene zugleich auch el
sche, sofern durch Verbindung beider Elektricitäten W
erzeugt wird, wonach dann die durch das Verbrennen
Vorschein kommende nichts anderes als das Resultat der
einigung der Elektricitäten zweier Körper seyn kann,
einer negativ, der andere positiv elektrisch ist. Diese E
rung mufs mit der ganzen Hypothese, wonach die W
überhaupt nichts anderes als eine Verbindung beider Elek
täten ist, stehn oder fallen, und da sie später in diesem
schnitte (§. 218) zur Untersuchung kommen wird, so h
am besten hierauf zu verweisen[2]. Nach einer zweiten

1 Versuch über die chemischen Proportionen. S. 79.

2 Die sogenannte elektrische Hypothese ist in dieser Gestalt

Digitized by Google

, die man dem Wesen nach als von Lavoisier stam-
etrachten könnte', giebt der Sauerstoff oder eigentlicher
nerstoffgas die Wärme her, welche beim Verbrennen
rscheinkommt, während der verbrennende Körper sich
verhält. Es würde ungerecht seyn, durch strenges Fest-
am Worte diese Ansicht dadurch zu widerlegen, dafs
nerstoff, wie oben (§. 135) gezeigt wurde, nicht noth-
e Bedingung des Brennens im weitern Sinne des Wor-
denn man könnte hierauf erwidern, dafs namentlich
ur die Stelle des Sauerstoffs vertrete, obgleich, wenn
ich dieses zugeben wollte, die Erklärung mancher der
en Phänomene nicht ohne vielfache gezwungene Hypo-
statt finden könnte; allein es müfste doch auf jeden
ie Sache mit der unerläfslichen Strenge genommen, bei
wöhnlichen Verbrennungen die erzeugte Hitze den Quan-
des absorbirten Sauerstoffs direct proportional seyn, was
der Erfahrung widerstreitet. Hiermit innig zusammen-
d ist diejenige Hypothese, welche sich nicht blofs auf
brennungen speciell, sondern auf alle zu dieser Classe
gen Wärmeerzeugungen durch Chemismus erstreckt, wo-
ie Quelle dieser Wärme in einer Verdichtung der ver-
nen Substanzen liegen soll. Hiernach würde diese Art
ärmeproduction mit der durch Compression erzeugten zu-
nfallen. Liefse sich dieses durchführen, so fände es
eine bedeutende Stütze in der Vereinfachung des Erklä-
rincips, welches gleichzeitig auf mehrere Classen von
nenen der Wärmeerzeugung anwendbar wäre, und es ist
von grofser Wichtigkeit, zur sichern Entscheidung der
zu gelangen, ob bei allen mit Wärmeerzeugung verbun-
Processen chemischer Verbindungen zugleich eine Vo-
verminderung statt findet. Es ist indefs vielseitig, am
chsten durch Berzelius[1], gezeigt worden, dafs dieses nicht
findet, und dafs demnach weder Lavoisier's, noch die
, etwas modificirte Hypothese mit anerkannten unzweideu-

stimmt. Weniger läfst sich dieses sagen von einer durch Du-
und Petit geäufserten Meinung, wonach Wärme überall so er-
werden soll, als beim Glühn der Kohlenspitzen durch den elektr.
in nephitischen Gasarten ohne chemische Veränderung nach
ir's Versuchen. S. Ann. Chim. et Phys. T. X. p. 412.
Lehrbuch der Chemie. Th. III. S. 49.

tigen Thatsachen bestehn kann, obgleich Duflos[1] sich
Mühe gegeben hat, jene Theorie aufrecht zu halten, wobei
jedoch das Gezwungene seiner Erklärungen keinen Ang
verkennen kann. Als auffallendes Beispiel kann erwähnt
den, dafs beim Verbrennen von Kohle in Sauerstoffg
Volumen des letztern nicht vermehrt und dennoch
enorme Hitze erzeugt wird. Allerdings ist das Produ
Kohlensäure, dichter, als das verzehrte Sauerstoffgas, al
im Verhältnifs von 1,3716:1, und eine Zusammen
um nicht völlig 0,38 müfste daher eine gleiche Hitze
als das Verbrennen der Kohle, was gegen alle Erfahrun
tet. Wenn sich Schwefel und Kupfer verbinden, so
dieses mit Ausscheidung von Licht und Wärme, es
eigentlicher Verbrennungsprocefs statt; dennoch aber
spec. Gewicht des Schwefelkupfers geringer, als das
der vereinten Körper, und die Quelle der Wärme kann
in einer Verdichtung nicht liegen, weswegen Berzel
elektrischen Hypothese seine Zuflucht nahm, sofern
positiv elektrische Schwefel mit dem sehr negativen Ku
Verbindung kommt. Beispiele dieser Art, welche zeigen,
Quelle der durch Chemismus erzeugten Wärme nicht
gleichzeitig statt findenden Verdichtung liegen könne,
sich noch mehrere aufzählen, allein es mufs hierbei
andere Bedingung berücksichtigt werden. Nach einer
Hypothese nämlich wird durch jede chemische Verbin
also auch die im Verbrennungsprocesse statt findende,
Körper erzeugt. Soll hierbei gar keine Wärme frei w
müfste die specifische Wärme des neuen Körpers
der specifischen Wärme beider vereinter Körper gle
im entgegengesetzten Falle aber entweder Wärme frei
bunden werden. Dieses vorausgesetzt wird also ange
dafs beide durch Verbrennen vereinte Körper so viel
rem Wärmestoffe hergeben, als erforderlich ist, den
ten auf die bei der Vereinigung beider Stoffe vorhande
peratur zu bringen, und dafs der Ueberschufs als freie
entweichen mufs.

172) Diese letztere Hypothese ist unter der Vora

1 Kastner's Archiv. Th. XVII. S. 336.
2 G. XXXVII. 279.

Digitized by Google

rhandenseyns eines materiellen Wärmestoffes so natür-
so nahe bei der Sache liegend, man dürfte sagen so
ndig bedingt, dafs sie nicht wohl anders als durch ganz
idende Gegengründe aufgegeben werden kann, und den-
ihn ihr solche in dieser ihrer einfachen, nicht modifi-
Gestalt allerdings entgegen. Es wäre ein Leichtes zu
ehen, ob die specifische Wärme der durch Verbrennen
Ausscheidung von Licht und Wärme erzeugten Producte
viel geringer ist, als die mittlere der vereinten Körper,
aus die Menge der entwickelten Wärme zu erklären;
man mufs hierbei wohl berücksichtigen, dafs die ver-
nden Körper mehrere Stadien eines wechselnden Aggre-
ndes durchlaufen, ehe sie bleibend in die neue Form
t werden. Vorzugsweise hat Prechtl[1] scharfsinnig
wiesen, dafs die beim Verbrennen des Wasserstoffs und
ohle durch den Sauerstoff gegebene Wärme allerdings
he, um die bei diesem Processe frei werdende Hitze zu
), was zwar zunächst zur Unterstützung der dritten
ese dienen würde, füglich aber erst hier zur Erörterung
n kann, weil sich bald zeigen wird, dafs die verbren-
Substanzen zugehörige Wärme, genau genommen, nicht
lässigt werden darf.

3) Zuvörderst bemerkt Prechtl, dafs die Gröfsenbe-
mgen der specifischen Wärme zwar angeben, wie viel
erforderlich ist, um gleiche Gewichte der Körper auf
Temperatur zu bringen, zugleich aber keine Kenntnifs
oluten Wärmemengen der Gasarten gewähren, welche
sich vielmehr aus der durch Compression entwickelten
finden läfst. Atmosphärische Luft entwickelt nach
hen von Prechtl selbst bei fünffacher Verdichtung 290°
hrend Wasserdampf, um aus dem tropfbaren Zustand in
form überzugehn, nur 550° C. Wärme bedarf und also,
n er hierdurch eine 1700fache Ausdehnung erhält, auch
ährt durch eine gleiche Zusammendrückung nur 550°
e entwickeln kann. Wenn dann die für Luft gefundene
ntwickelung durch Compression auch für Sauerstoffgas
würde in Gemäfsheit dessen, dafs 290° einer fünffachen

[1] Jahrbücher des polytechnischen Instituts in Wien. Th. XIV.

Compression zugehören, eine Wärmeentbindung von
eine 9,46fache Zusammendrückung erfordern. Die Grö
ser für gleiche Wärmeentbindung erforderlichen Zu
drückungen geben aber das umgekehrte Verhältnifs de
ten vorhandenen Wärmemengen, und es ist also die
welche bei der Verbrennung des Wasserstoffgases im S
gas durch den gebildeten Wasserdampf absorbirt wird,
oder nahe $\frac{1}{180}$ derjenigen Wärme, die aus dem Sau
durch Verdichtung in der chemischen Verbindung e
worden ist. Zu einem ähnlichen Resultate führt das
nen der Kohle. Nach früheren Versuchen von Prech
halten 288,5 Kubikfufs Wasserdampf ebenso viel W
473 Kubikfufs kohlensaures Gas. Da aber durch Ver
von 1 Kubikfufs Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas 2
Wasserdampf gebildet werden, so entsprechen $\frac{473\times}{288,5}$
Kubikfufs kohlensaures Gas den 2 Kubikfufs Wasserd
da durch Verbrennung der Kohle in 1 Kubikfufs Sau
1 Kubikfufs kohlensaures Gas entsteht, so enthalten 3,2
dieses Gases ebenfalls nur $\frac{1}{180}$ des aus 1 Kubikfufs Sau
durch Verbrennung entbundenen Wärmestoffes, oder
me, welche durch Verbrennung der Kohle in Sau
durch Bildung des kohlensauren Gases latent wird, b
$\frac{1}{180\times 3,28} = \frac{1}{590}$ oder nahe nur den 600sten Theil
haupt erzeugten, wonach also die gleichzeitig zum
kommende Hitze leicht erklärbar wird.

174) Dieser sehr scharfsinnigen Deduction kann
gebührende Anerkennung nicht versagen, dennoch al
sich durch allseitige Beleuchtung der Thatsachen mehr
fel dagegen nicht verkennen, die zuletzt in eine förml
derlegung übergehn dürften. Zuvörderst darf nicht
werden, dafs der Satz: die Wärmeentbindung durch
sion ist der Zusammendrückung direct proportional, t
nicht wohl genügend begründet erscheint, in der
aber eine bestimmte Widerlegung findet. Denken wi
gewisses Luftvolumen, zum bessern Anhalten eine

1 Jahrbücher des k. k. polyt. Instituts. Th. IX. S. 112.

Digitized by Google

beliebigen Menge Kugelschichten von gleichem Inhalte
ed, und setzen wir die absoluten Wärmemengen jeder
m = s, s′, s″, s‴ . . . . s^{n-1}, die Summe der ge-
n Wärmemenge aber = S, so würde der Satz, dafs
ie Zusammendrückung der ganzen Kugel um die Gröfse
Kugelschicht die entbundene Wärme = s und nach aber-
r Zusammendrückung = s′, also im ersten Falle der
ie Rest der Wärme $S_1 = S - s$ und im zweiten
$= S_1 - (s + s')$ wäre, nur in dem Falle theoretisch begrün-
n, wenn die Kugelschichten s und s′ ganz weggenom-
ürden, und man ihren dadurch frei werdenden Wärme-
antitativ unverändert zu erhalten vermöchte; da aber die
der ersten, dann die der zweiten u. s. w. in die übri-
eingepreſst werden, wodurch deren Dichtigkeit und
capacität geändert wird, so mufs $S_1 = S - s \pm x$ und
$S_2 = S - (s + s') \pm x'$ seyn, je nachdem der Rest der Kugel-
n durch die Verdichtung Wärme abgiebt oder ver-
t. Hiernach kann also s nicht wohl = s′ seyn, weil
Eindrücken der einen Kugelschicht in die andern die
eit und somit zugleich der Erfahrung nach deren re-
Wärmecapacität sich ändert[1].

3) Wird das Gewicht der aufgestellten Beweisgründe
diese Argumentation mindestens geschwächt, so geschieht
noch mehr durch folgende Betrachtung. Wenn Was-
f eine 1700fache Verdichtung erleidet, so entsteht tropf-
iges Wasser, und es werden 550° C. Wärme ausge-
. Dafs hieraus nicht mit Sicherheit zu schliefsen sey, es
durch 5fache Verdichtung $\frac{5}{1700} \cdot 550°$ C. ausgeschieden,
ir so eben gesehn. Aber wenn man dieses auch zu-
rollte, so würde daraus noch keineswegs folgen, dafs
durch erhaltene geringe Wärme das vollständige Er-
s der bloſsen Compression sey, da vielmehr Wasser ge-
wird, welches einen grofsen Theil der erzeugten Wär-
nehmen und nur einen geringen Theil übrig lassen
Die Zusammendrückung des gesättigten Wasserdam-
ist sich daher mit der der Gasarten nicht unbedingt ver-

[1] Vergl. relative Wärme.

gleichen, noch weniger aber kann aus der Wärme, w
erfordert wird, um das schon vorhandene Wasser in D
zu verwandeln, unbedingt auf die durch Compression des
pfes frei werdende in der Art geschlossen werden, daſs
letztere mit der durch Compression der Gase entbundenen
gleichen könnte, denn beim Wasserdampfe findet ein Pun
gröſsten Dichtigkeit statt, welcher bei den Gasen fehlt,
wenn Dämpfe vom Puncte dieser gröſsten Dichtigkeit an
Wärme ausgedehnt werden, so muſs für gleiche Ausdeh
bei ihnen mehr Wärme erforderlich seyn, als bei den
ten, weil die specifische Wärme des Wasserdampfes
ist, als die irgend einer Gasart. Hieraus würde aber
daſs durch Compression des über den Punct seiner g
Dichtigkeit durch Wärme ausgedehnten Wasserdampfes
einem den Punct der gröſsten Dichtigkeit nicht erreic
Grade mehr Wärme, als aus gleich stark verdichteten G
ausgeschieden werde. Ein Versuch dieser Art würde
seyn, wäre aber allein geeignet, um eine genügende
chung zu geben.

176) Ohne jedoch die Entscheidung auf diesem W
zuwarten, läſst sich durch eine andere Betrachtung d
lässigkeit der Hypothese leicht anschaulich machen, w
benbei paſst diese Argumentation auf beide vorliegend
spiele. Prechtl nimmt an, die exorbitante Hitze d
brennung sey das Resultat einer gänzlichen Verdichtu
Sauerstoffgases, indem er die Wärme des erzeugten
dampfes den 180sten und der gebildeten Kohlensä
600sten Theil der durch Verdichtung des Sauerstoffgases
ten Hitze nennt; allein dann müſste diese Verdichtung
wendig auch wirklich vorhanden seyn. Setzen wir al
Mittel nach Biot und Arago, nach Berzelius und D
die Dichtigkeit des Sauerstoffgases = 1,10319, die des W
stoffgases nach eben diesen Autoritäten = 0,0710[1], die
mosphärischen Luft = 1 angenommen, so ist die mittlere
tigkeit eines Gemenges aus 2 Volumen Wasserstoffgas und
lumen Sauerstoffgas = 0,41506, die Dichtigkeit des ent
Wasserdampfes aber nach meinen eigenen Versuchen am
sten = 0,63619, und die Verdichtung ist daher nur eine

1 Vergl. *Gewicht, specif.* Bd. IV. S. 1506.

Digitized by Google

durch welche nicht mehr als 30° C. Wärme erzeugt könnte, wenn eine 5fache 290° C. giebt, vorausgesetzt, ch Verdichtung des Wasserstoffgases gleich viel Wärme, ch die des Sauerstoffgases frei würde, was sich mit bezweifeln lafst. Ein ebenso ungünstiges Resultat giebt ibrennen der Kohle in Sauerstoffgas. Da aus 1 Volumen ff durch Aufnahme des Kohlenstoffes ein Volumen äure erzeugt wird und beider Dichtigkeiten sich verie 1,10319 : 1,52181, so entsteht durch das Verbrennen e 0,38fache Verdichtung, wodurch also nur 22° C. frei werden könnten. Berzelius[1] bezweifelt daher llem Rechte, dafs eine so geringe Verdichtung den ler aufserordentlichen erzeugten Hitze abgeben könnte.

?) Die einfache Würdigung offen vorliegender Thatführt uns indefs zu einem unwiderleglichen Argumente, die Unzulässigkeit der bisherigen Hypothesen zur Evirvorgeht und welches uns zugleich nöthigt, die Sache em veränderten Gesichtspuncte zu betrachten. Sollen brennungsprocesse vollständig erklärt werden, so sind n die, viele derselben begleitenden, *Explosionen* wohl ksichtigen. Wird eine Stahlfeder in Sauerstoffgas ver- so entwickelt sich zwar eine unglaubliche Hitze, so ch ein Essenfeuer; entweicht der Dampf aus gröfseren en, so ist dieses mit einer aufserordentlichen Ausdehrbunden, allein es fehlt das Wesentliche der Explosiolches darin besteht, dafs plötzlich eine nicht wohl audurch gröfste Hitze erzeugte Ausdehnung eintritt, die nso schnell wieder schwindet, so dafs die Luft in den n leeren Raum mit Heftigkeit eindringt und dadurch nthümliche platzende Getöse hervorruft. Um einen fehaltpunct zu haben, dürfen wir nur ein allseitig be- Phänomen, das Verpuffen des Knallgases, in nähere ung ziehen, welches ohnehin schon vielfach dazu ge-, die gangbaren Theorieen des Verbrennens anzufechten. r Verpuffung des Knallgases verbindet sich dem Gemach 1 ℔. Wasserstoffgas mit 8 ℔. Sauerstoffgas und Wasser. Setzen wir die specifische Wärme des letzteren die des Wasserstoffgases = 3,2936 und die des Sauer-

[1] Jahresbericht. 1881. S. 60.

stoffgases = 0,2361, so ist die mittlere specifisch des Erzeugnisses

$$\frac{3{,}2936 + 8 \times 0{,}2361}{9} = 0{,}5758.$$

Waren also die Temperaturen der Gase anfänglich = so müfste die des entstandenen Wassers = 57°,5 also eine Temperaturverminderung von 42°,42 C. erf dafs die Erfahrung eine bedeutende Wärmezunahm Die Einwendung, dafs kein eigentliches Wasser, so Wasserdampf gebildet werde, hilft nicht genügend, specifische Wärme des Wasserdampfes ist 0,8470 und daher unter den angegebenen Bedingungen doch in eine Temperaturverminderung von 27°,12 C. eintr findet zwar allerdings eine Verdichtung statt, wie s zeigt wurde, allein diese ist so gering, dafs daraus k der enormen erzeugten Hitze abgeleitet werden ka grofs die bei dieser Verbrennung erzeugte Hitze eig ist zwar schwer zu messen, allein auf jeden Fall m sie als sehr grofs annehmen, da sich Glühhitze vorha und der blendend weifsen Glühhitze am Tage nach 1500° C. zugehören (§. 165). Wollen wir aus Rü die enormen Wirkungen des Knallgasgebläses die du Verbrennung bewirkte doppelt so grofs, also zu 300 nehmen, so würde es unmöglich seyn, den Ursprung chen Hitze aus irgend einer quantitativen Anhäufun gebenen Wärme abzuleiten. H. Davy[2] schlägt i sinnreich vor, die durch Verbrennung der Gase erzeu aus der Expansion zu bestimmen. Wenn Cyan Sauerstoffgas im Verhältnifs von 1 und 2 in einer Glasrö fen, so dehnen sie sich um das 15fache ihres anfänglichen aus, wonach er annimmt, dafs zu dieser Ausdehnung peraturerhöhung von 5000° F. = 2778° C. erfor Wollen wir diese nur näherungsweise angegebene nauer bestimmen, so giebt, das ursprüngliche Vo gezogen,

1 Vergl. Scholz Physik. 2. Aufl. S. 284. L. Gmel d. Chemie Th. I. S. 150 setzt hinzu, dafs sich die Verbi Zinks, Bleis und Kupfers mit Sauerstoff und ohne Zweifel andere ebenso verhalten.

2 Philos. Trans. 1817. p. 67.

Digitized by Google

$$\frac{14}{0{,}00375} = 3733^{\circ}\ \text{C.}$$

Momente des Verbrennens statt findende Wärme, die Verpuffen des Knallgases noch gröfser seyn müfste.

178) Diese Betrachtungen beziehen sich indefs blofs auf ocefs des Verbrennens, die Erscheinungen des Explodi- ind aber hiervon noch wesentlich verschieden. Die ent- e Hitze erzeugt eine unglaubliche Expansion, allein diese momentan vorhanden; es tritt sofort ein leerer Raum n die zurückgedrängte, dadurch verdichtete und mit ver- r Heftigkeit zurückströmende Luft wieder einnimmt, der entstehende heftige Knall beruht. Dafs sich dieses h so verhalte, zeigt die Erfahrung; denn man hat elek- Pistolen, welche im Augenblicke nach der Explosion lossen werden und daher nicht knallen. Soll daher das nen der Verpuffung vollständig erklärt werden, so darf ge, wo der erzeugte Wärmestoff bleibe, und wie er so licklich wieder verschwinden könne, um diese Erschei- hervorzubringen, dabei nicht übersehen werden. Wollte aber, um dieses genauer zu analysiren, die durch Ver- g des Knallgases entstehende Wärme aus der gröfseren igkeit des gebildeten Wasserdampfes, verglichen mit der sgemenges, ableiten, so müfste Wasserdampf von dieser igkeit wirklich vorhanden seyn und der Ueberschufs der e könnte dann genau nur ausreichen, um den Dampf r ursprünglichen geringeren Dichtigkeit des Gasgemenges ehnen; statt dessen aber findet eine momentan vorüber- de so enorme Ausdehnung statt, wie sie nur durch eine nperaturerhöhung um mehrere Tausende von Graden bewirkt n kann, und verschwindet ebenso schnell wieder, ohne ich ihr Entstehen und ihr Verschwinden aus den ge- lichen Gesetzen ableiten läfst. Bei diesen Explosionen nach das Argument weg, welches in vielen Fällen ge- ht wird, nämlich dafs die sogenannte Expansionswärme, rch die Gasarten ihre bedeutende Ausdehnung erhalten, rer Verdichtung zum Vorschein komme, denn bei den nationen, z. B. des Schiefspulvers, der Knallsalze u. s. w., vielmehr eine bedeutende Expansion statt und ist zu- n von einer unermefslichen Wärmeentbindung begleitet.

179) Nach der oben aufgestellten, für alle Wärmephäno-

mene als zureichend angegebenen Hypothese müs
auch diese Resultate erklären lassen. Wenn wir
dafs die Atome der Körper durch den Conflict zwe
der Anziehung und Abstofsung, im stabilen Gleichgew
halten werden, und wenn wir zugleich die Wärme
repulsive Kraft selbst oder ihren Träger halten, so
wendig dieses Gleichgewicht durch jede chemische
gestört werden und somit zugleich ein verändertes
der Thätigkeiten beider Kräfte statt finden. Denken
also, um in einem gegebenen Falle einen besseren A
zu haben, die Molecüle der beiden Gasarten im Ge
Knallgases einzeln bestehend als Kügelchen des
und Wasserstoffradicals mit Wärmesphären so umg
der Attractionskraft ungeachtet durch überwiegende
Abstofsungskraft (Wärme) Repulsion statt findet;
dann ferner durch mechanischen Druck oder Glühhit
tractionskraft zwischen den Atomen des Sauerstoffs
serstoffs ein solches Uebergewicht, dafs diese mi
eine neue Verbindung eingehen, so mufs nothwendig
überwiegende Thätigkeit der Attraction dieser Ato
einander ihre Attraction gegen die umgebenden Wä
geschwächt, vielleicht gar = 0 werden und dieser
dann derjenige, in welchem die frei gewordene
neu gebildeten Molecüle gewaltsam aus einander tre
nem gleichfalls verschwindend kleinen Zeitmomente
die Attractionskraft der neuen Molecüle gegen die
dene Wärme wieder in Thätigkeit, die Wärme wir
gebunden, und zwar im Verhältnifs der specifischen
der ursprünglichen und des neu entstandenen Körper
das stabile Gleichgewicht wieder hergestellt, und es k
gut ein Ueberschufs als ein Mangel an Wärme erfol
dann zugleich zu berücksichtigen ist, dafs die an die
gen übergegangene Wärme von diesen nicht so sch
hergegeben wird. Eine absolute Verminderung d
entsteht höchst wahrscheinlich bei der Verpuffung
gases, weswegen die erzeugten Wasserdämpfe nich
theoretisch vorauszusetzenden Expansion vorhanden
dern nach einer weit stärkeren Expansion gleichsam v
den der atmosphärischen Luft den Eintritt in den le
gestatten. Es liefsen sich diese, auf alle Verbrennun

Digitized by Google

baren Sätze beim Knallgase durch allerdings schwierige, noch gewifs nicht unmögliche Versuche sogar auf experimentalem Wege prüfen.

3) Zwei bei diesen Betrachtungen sich nothwendig aufdrängende Fragen lassen sich ohne Schwierigkeit so beantworten, dafs man aus ihnen nicht wohl Argumente gegen die aufgestellten Sätze hernehmen kann. Zuerst begreift man zwar leicht, dafs eine Entzündung des Knallgases durch Compression bewirkt werde, sofern die Molecüle der Gase dadurch einander näher kommen und ihre Anziehung das Uebergewicht erhalte; dagegen aber könnte man fragen, wie diese Wirkung durch Wärme möglich werde, die im Gegentheil die Molecüle weiter von einander zu entfernen diene. Die Antwort liegt sehr nahe bei der Sache. Allerdings wird die Repulsion der Molecüle durch Wärme vermehrt, allein ihre chemische Anziehung wird dadurch zugleich in einem so überwiegenden Grade gesteigert, dafs sie mit gänzlicher Ueberwindung der vermehrten Repulsion sich dennoch mit einander vereinigen. Hiermit stimmt die Erfahrung vollkommen überein, dass mäßige Hitze dehnt das Knallgas aus, stark gesteigerte Hitze bewirkt Vereinigung zu Wasser ein (§. 148), eigentliche Explosion bewirkt eine momentane Verbindung. Wie stark Wärme in dieser Beziehung wirke, zeigt unter andern der Versuch, welcher genügend erhitzt im Sauerstoffgas weiter brennt, als das weifsglühende Eisen, welches im Luftstrome verbrennt und sogar dem Kali seinen Sauerstoff entreifst, anderer minder Beispiele nicht zu gedenken. Die Beantwortung einer zweiten Frage, welche Prechtl[1] keineswegs übersehen hat, nämlich wie es zugehe, dafs bei chemischen Verbindungen ungeachtet Ausscheidung von Wärme Vergröfserung des Volumens eintrete, da doch die Trennung bestehender Verbindungen und Bildung neuer eine in letzteren vorhandene stärkere Anziehung voraussetze, ist gleichfalls nicht schwierig. Zuerst lassen sich diese Argumentation auf verschiedene chemische Verbindungen, namentlich das Verbrennen des Knallgases, des Kohlenoxydgases im Sauerstoffgas u. s. w. keine Anwendung, weil hierbei keine bestehenden Verbindungen getrennt werden; allein auch in Letzteres auch statt findet, so müssen allerdings die Mo-

[1] A. a. O.

lecüle in der neuen Verbindung einander näher seyn, wo
Attractionskraft (die chemische Verwandtschaft als mecha
wirkend gedacht) zwischen ihnen gröfser ist; jedoch folgt
aus keineswegs, dafs die neu gebildeten Partikelchen, die
bindungen der einfachen Molecüle zu zusammengesetzten
ander näher liegen müssen, und daher kann allerdings d
der neuen Verbindung hervorgegangene Körper ein gr
Volumen erhalten. Im Allgemeinen ist übrigens Letzte
theoretischen Argumentation allerdings zuwider, und w
findet es auch bei den einfachsten Verbindungen nicht
indem z. B. die Dichtigkeit des Wasserdampfes gröfser
die mittlere der constituirenden Gasarten, und die Dic
der Kohlensäure gröfser, als die des Sauerstoffgases,
Beispiele nicht zu erwähnen.

4) Wärmeerzeugung durch den Lebensproce
Vegetabilien und Animalien.

181) Die Processe des Lebens und Wachsens, so
Veränderungen der Vegetabilien und Animalien, gehören
Wesen nach zu den chemischen, obgleich sie durch eine
thümliche Kraft, die wir *Lebenskraft* nennen, ohne sie
zu bestimmen, bedingt sind; denn im Ganzen kommen
Verbindungen und Trennungen einfacher und zusammen
ter Körperelemente oder Partikelchen zurück, und sol
mische Processe so häufig, wenn nicht vielmehr allgem
Erzeugung von Wärme verbunden sind, bieten sich
dar, auch bei diesen chemischen Actionen im Allgemeinen W
erzeugung zu vermuthen, wenn gleich andere bedingend
stände die erzeugte Wärme wieder binden und daher ih
bares Hervorkommen aufheben können. Hinsichtlich der
stimmt diese Theorie mit der Erfahrung vollkommen über
in einem wahrhaft überraschenden Grade, sofern man di
malische Wärmeerzeugung einen Verbrennungsprocefs
könnte, weil Sauerstoffgas absorbirt wird, nicht zu gro
dafs die erzeugte Wärmemenge der Quantität des gebu
Sauerstoffgases und der Leichtigkeit seiner Aufnahme
zen proportional ist; bei den Vegetabilien gab die Erf
sehr abweichende Resultate, was aus theoretischen G
schon zu ahnen war, weil im unverkennbaren Gegens

Digitized by Google

alische Lebensprocefs Bindung des Sauerstoffgases fordert, rend im Gegentheil die Pflanzen dieses Gas aushauchen.

182) a) Den *Vegetabilien* legten schon Aristoteles[1], ophrast[2], Cicero[3] und Plinius[4] eine eigenthümliche in- Wärme bei, Baco[5] dagegen sprach sie ihnen ab. Ueber vorausgehende Hauptfrage, ob die Vegetabilien, gleich den ganischen Körpern, stets die Temperatur ihrer Umgebung nen, kann nicht wohl ein Streit obwalten. Täglichen rungen nach findet man saftreiche und kühle Pflanzen an n Planken und Mauern, woraus jedoch nicht folgt, dafs e Wärme durch ihren Organismus binden, weil sie erst- stark ausdünsten und hierdurch viel Wärme verlieren, weitens weil ihre feinen Wurzelfasern beträchtlich tief in feuchten, kühlen Boden gesenkt sind, aus welchem sie den ren Saft um so viel begieriger aufnehmen, je stärker ihre dunstung ist. Ebenso bekannt ist die Erfahrung, dafs die in lebenden Pflanzen weniger leicht gefrieren, als Wasser, lebende Pflanzentheile der Kälte länger und sicherer wi- stehn, als abgeschnittene; auch sieht man sie oft ungefro- in gefrorener Erde stehen. Hierauf läfst sich aber erwi- dafs der Gefrierpunct der Pflanzensäfte noch nicht genau stellt worden ist, wahrscheinlich aber etwa einen Grad oder ter sogar einige Grade tiefer liegt, als der des Wassers, vor- sich weil sie sich nach einem weisen Naturgesetze im ste zu verdicken pflegen[6]. Aufserdem aber läfst sich dieses dem Aufsteigen des wärmeren Saftes herleiten, welches im er nicht aufhört, da einzelne in ein Treibhaus gezogene genstheile, ungeachtet der Erstarrung der äufsern, zu grünen fahren.

183) Aufser diesen allgemeinen Erfahrungen haben meh- Physiker die Frage über eine eigenthümliche Wärmeerzeu- der Pflanzen durch umfassende Versuche zu beantworten

---

1) In dem ihm zugeschriebenen Werke de plantis. L. I. cap. 2.
2) Opera ed. J. G. Schneider Saxo. T. II. L. V. c. 13.
3) De nat Deor. L. II. c. 9.
4) Hist. Nat. L. XVI. c. 76.
5) Nov. Organon. aph. 12.
6) Vergl. Stagner in Schwed. Abhandl. 1789 u. 40. S. 116. Sen- Physiol. végét. T. III. p. 316. Journ. de Phys. T. XL. p. 173.

Digitized by Google

lich zusammen und sind einander im ganzen Jahre gl
auf einen unbedeutenden, 0°,1 bis 0°,4 C. betragende
schied, welcher, wie es scheint, als Folge von Beobachtun
oder von Zufälligkeiten zu betrachten ist. Hieraus ergie
evident, dafs den Vegetabilien eine eigenthümliche
Erzeugung und Bindung der Wärme abzusprech
die Abweichung ihrer Temperatur von der sie umgeb
diglich durch die schlechtere Leitung, das Aufsteigen
tes und die Ausdünstung abzuleiten sey. Eben dieses
geht aus einer abermaligen Reihe von Versuchen herv
che entscheiden sollten, ob die Säfte der Pflanzen
Widerstand leisten und ihre Wärme daher längere Z
zu gefrieren, beibehalten. Es ergab sich daraus, dafs die B
langsam erkalten, wenn die Temperatur unter den Gefrier
abgeht, ohne Zweifel weil die gefrierenden Säfte Wärme en
allein das umgekehrte Verhalten findet statt, wenn d
wieder steigt, und es ist daher klar, dafs neben andern
Gesetzen hierbei blofs die Wärmeleitung sich wirk
Hieraus und aus der starken Verdunstung wird dann
klärlich, dafs die Temperatur der Bäume im Sommer
etwas niedriger ist, als die der äufseren Luft. Auf
der Umstand, dafs die Bäume im Frühling, namentlich
etwas wärmer, als ihre Umgebung waren, was man
der höheren Temperatur des aus tieferen Erdschichten
aufsteigenden Saftes abzuleiten geneigt ist, allein
streitet die wirklich dann noch statt findende gröf
des Bodens, wie sie aus den Messungen mit Ther
evident hervorgeht[2]. Diese durch die genannten Ge
achtungen gleichfalls bestätigte Thatsache ist daher n
anders, als aus einer eigenthümlichen, durch die h
bensthätigkeit beim Aufsteigen der Säfte herbeigeführ
meproduction abzuleiten. Ob man daher berechtigt
Göppert[3], welcher dieses Problem so umsichtig ge
zugleich viele belehrende Versuche über das Gefr
Pflanzensäfte angestellt hat, den lebenden Pflanzen jed

1 W. Neuffer Inauguraldissert. Unter dem Präs. von
Tüb. 1829.

2 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. 307.

3 Ueber die Wärmeentwickelung in Pflanzen u. s. w. B
S. S. 138 ff.

Digitized by Google

ümlicher Wärmeerzeugung abzusprechen, bleibt noch im-
raglich, und die neuesten Versuche berechtigen vielmehr,
eine solche beizulegen. Inzwischen lafst sich mit Ge-
eit annehmen, dafs die in den erwähnten zahlreichen Ver-
n gefundenen Abweichungen ihrer Temperaturen von der
Umgebungen im Ganzen als eine Folge ihres schlechteren
ngsvermögens, der Verdunstung und des in ihnen aufstei-
n Saftes zu betrachten sind.

Ganz neuerdings hat DUTROCHET[1] mit Anwendung eines
oelektrischen Thermometers Versuche angestellt, wonach
flanzen allerdings Wärme entwickeln, die ihnen aber zu
n so grofsen Theile durch Verdunstung entzogen wird, dafs
dadurch unter ihre Umgebung herabgehn. Hebt man den
sen Einfluſs auf, so zeigt sich eine Wärmeerzeugung von
5 bis 1° C. und wohl noch mehr, wonach sie also in die-
Beziehung selbst die sogenannten kaltblütigen Thiere über-
n, z. B. den grünen Frosch (*rana esculenta*), den Flufs-
(*astucus fluviatilis*) und die rothe Schnecke (*limax*
). Die Wärmeerzeugung findet in den grünen Theilen
flanzen statt, ist allen Vegetabilien eigen, und zugleich
derlich, indem sie von Morgens 10 Uhr bis Mittags 3
in den verschiedenen Pflanzen ihr Maximum erreicht und
wieder sinkt. Auch die Dunkelheit unterbricht diesen
fs nicht, schwächt ihn aber allmälig, bis er in einigen Ta-
ganz aufhört. VAN BECK[2] wiederholte diese Versuche
einem gleichen Apparate und erhielt im Ganzen eine Be-
gung der gefundenen Resultate. Beide wählten aber
Bäume, sondern Pflanzen, Ersterer *sempervivum tectorum*,
vicia lathyris, *vicia faba* u. a., Letzterer *sempervivum*
album, *sedum cotyledon* u. s. w.

Wenn man überlegt, wie gering die Wärmeerzeugung in
Pflanzen ist, und wie ausnehmend vielfache Umstände sie
dern, so darf man sich nicht wundern, dafs der Streit über
es Problem so lange dauerte und so verschiedene Resultate
Vorschein brachte. DUTROCHET bezweifelt daher auch,

---

1 L'Institut. 7me Ann. N. 308. Edinburgh New Phil. Journ. N.
. p. 103.

2 Comptes rend. 1840. N. I. Jan. 6 u. 13. Edinburgh New Phil.
rn. N. XLVI. p. 331.

dafs die von Becquerel und Mirbel an einem Ba
wahrgenommene Temperaturerhöhung von 3° C. eine
den Lebensprocefs erzeugte gewesen sey; auch könnte
irgend eine Wärmeproduction in den holzigen Pflanzen
wahrnehmen.

185) Wenn schon die Frage über eine eigenth
Wärme der Vegetabilien so widersprechend beantwortet
so ist dieses noch mehr der Fall bei einer andern, na
wandten, über aufsergewöhnliche Wärmeproduction der
einiger Pflanzen in der kurzen Periode ihres Aufblühe
der Befruchtung, indem hierbei kaum zu bezweifelnde
gengesetzte Angaben einander so grell entgegenstehn,
daraus entspringende Ungewifsheit auf eine unangenehm
afficirt[1]. Einer der Ersten, welcher diese spontane Wä
wickelung an den Kolben des *arum italicum* gewahr
jedoch den Grad der Wärme thermometrisch zu bestim
Lamark[2]. Diese Beobachtung wurde bestätigt und na
stimmt durch Sennebier[3], welcher in die aufblühenden
der Arum-Arten die Kugel eines feinen Thermometers
Die Wärme stieg von 3 Uhr Nachmittags an, erhob sic
die der äufseren Luft und erreichte zwischen 6 bis 8 U
Maximum von 8°,75. Wenig Gewicht kann die Beo
von Desfontaines[4] haben, dafs man diese Wärme
durch das Gefühl wahrnehmen könne, und wenn C. C
lin und Schweykert[5] versichern, die erwähnte Ersc
am *arum italicum* 18 Jahre beobachtet zu haben, Sch
aber eigene 10jährige Beobachtungen am *arum macula*
wähnt, so mufs man bedauern, dafs der Mangel thermo
scher Bestimmungen diese Angaben zweifelhaft macht
gewichtigste Zeugnifs für eine sehr mefsbare Wärmeent

1 Eine sehr vollständige Zusammenstellung der früheren
achtungen findet man in Göppert über die Wärmeentwickelung
S. 178.

2 Encyclop. method. T. III. p. 9. Grundlehren der Anato
Physiologie der Pflanzen. Gött. 1807. S. 229.

3 Physiologie végétale. T. III. p. 313.

4 Flora atlantica. T. II. p. 328.

5 Flora badensis. T. III. p. 585. Nach Göppert's Wär
wickelung. S. 179.

6 J. C. Smith Anleitung zum Studium der Botanik. S. 71.

Digitized by Google

der Blüthenkolben einer auf der Insel Bourbon sehr häufig
ommenden Arum-Species ist das von Hubert, welches
de St. Vincent[1] bekannt gemacht hat. Hierin ist die
eimung mit allen Nebenbedingungen so einfach und durch-
glaubwürdig beschrieben, dafs man keiner Beobachtung fer-
Glauben schenken dürfte, wenn man diese in Zweifel zie-
wollte. Inzwischen mufste es auffallen, dafs Th. de
ure[2], der Erzählung von Senebier zuwider, am *arum*
um keine Erhöhung der Temperatur wahrzunehmen ver-
te, welches er jedoch davon ableitet, dafs diese Pflanze zu
keine reifen Früchte bringt; doch beobachtete er die-
bei 4 Exemplaren des *arum maculatum*, und setzte die
he in eine stärkere Bindung des Sauerstoffgases während
Periode, weil die Blüthen gleichzeitig vieles Wasser
sten. Um auch geringere Wärmegrade messen zu kön-
bediente sich derselbe eines feinen *Luftthermometers*, ei-
Glaskugel an einer langen engen Röhre, in welcher letzte-
in kleiner Wassercylinder durch die Ausdehnung der Luft
t wird. Vermittelst dieses Mikrocalorimeters gewahrte er
höhere Temperatur an der Blüthe des Kürbis, der *bignonia*
ne und der Tuberose. Nicht minder beobachtete auch
Schultz[3] bei einem im botanischen Garten zu Berlin
ndlichen kräftigen Exemplare von *Caladium pinnatifidum*,
die Temperatur der Blüthe die der Luft um 4° bis 5°
rf.

180) Alle diese Thatsachen kannte Göppert, wie nicht
r die mehrere Jahre fortgesetzten Beobachtungen, welche
Treviranus[4] an den verschiedensten Arum-Arten ge-
hatte, die aber alle ein negatives Resultat gaben, indem
e eine Erhöhung der Temperatur wahrnehmen konnte.
ert entschlofs sich daher gleichfalls zu einer Reihe von
uchen, wobei er ein noch empfindlicheres Mikrocalorimeter
ndte, als welches de Saussure gebraucht hatte; allein es

---

1 Voyage dans les quatre principales îles d'Afrique. 3 T. 8. Par. T. II. p. 63. Daraus in Journ. de Phys. T. LIX. 280.
2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 279.
3 Die Natur der lebendigen Pflanze. 2 Th. 1828. S. 185. Nach ihrer a. a. O. Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXI. p. 88.
4 Zeitschrift für Physiologie u. s. w. von F. Tiedemann u. s. w. Bnd. 1829. Th. III. S. 257.

gelang ihm nicht, bei den verschiedenen Arum-Arten, a
bei 87 andern Pflanzen irgend eine Wärmeentwickelu
finden. Hiernach bezweifelte also auch dieser Gelehr
spontane Wärmeproduction der Pflanzen, als Folge ihre
bensprocesses, selbst wenn dieser zur Zeit des Aufblühe
meisten gesteigert ist. Bleibt dieses immerhin noch z
haft, so ist dagegen die Bemerkung völlig gegründet, daſs
che Beobachter, namentlich auch Bernhardi[1], durch d
fühl getäuscht wurden, wonach die Staubbeutel wegen b
Wärmeleitung vor dem Aufplatzen kälter zu seyn sch
als nachher. Inzwischen sind noch einige spätere Beob
gen erhöheter Wärme der Blüthen bekannt geworden,
von G. Vrolik und W. H. de Vriese[2], welche di
dem Spadix einer *colocasia odora* im April 1835 wahr
Göppert[3] selbst aber beobachtete später bei *arum dra*
eine bis 8°,75 C. steigende höhere Wärme, als die der U
bung; sie trat in der 17. Stunde nach der Entwickel
Blume ein, dauerte 32 bis 36 Stunden und hatte ihren H
sitz in den Staubgefäſsen. Ebenso maſsen van Bre
Bergsma[4] mittelst eines thermomagnetischen Appara
Wärme im Spadix der *colocasia odora*[5] = 43° C., w
die der Umgebung nur 21° C. betrug. Das Nämliche be
tete Brongniart, Dutrochet aber bediente sich zu
Versuchen gleichfalls eines thermoelektrischen Apparat
fand mit demselben, daſs der Spadix von *arum* mac
eine Wärmezunahme zeigt, welche ungefähr zwei Ta
seinem Oeffnen anfängt, fortwährend zunimmt und im
blicke des Oeffnens ihr Maximum von 11° bis 12° C. e
der Umgebung erreicht. Hierbei erhält sie sich ungefäh
Stunden, nimmt dann ab und verschwindet nach etwa
Stunden gänzlich[6]. Uebrigens entwickeln sowohl die m
chen, als auch die weiblichen Blüthentheile dieser Pf

1 Römer's Archiv d. Botanik. Th. III. S. 446.

2 Tijdschrift voor Naturlijke Geschiedenis en Physiologie
1835. T. II. p. 396.

3 Froriep Notizen. Th. XLIX. S. 136.

4 L'Institut. 1839. N. 275. p. 111.

5 Diese Pflanze hieſs früher *arum cordifolium*, an welcher
de St. Vincent seine erwähnten Beobachtungen machte. S. ebend

6 L'Institut. 1839. N. 280. p. 151.

Digitized by Google

welche am Tage gröſser ist, als während der Nacht, ten Nacht hält sie jedoch, wenn auch im geschwäch- de, an und verschwindet in der zweiten gänzlich [1].

nach müssen wir also den Pflanzen im Allgemeinen i ihr vegetabilisches Leben bedingte Kraft der Wär- ng beilegen und eine höhere durch den gesteigerten ers während ihres Blühens hervorgerufene. Da wir liche Wesen des Lebens nicht kennen, so läſst sich l mit Sicherheit entscheiden, ob dieses an sich und r die Ursache dieses Vermögens der Wärmeerzeugung ib diese durch die chemische Assimilation der Säfte Bildungen hervorgerufen werde; für die stärkere während des Blühens gilt das Nämliche, es sey denn, i nach den erwähnten Versuchen von DE SAUSSURE tende Aufnahme des Sauerstoffgases statt finde, um ausgehauchten Wasserstoff der Blumen Wasser zu l daſs in diesem langsamen Verbrennungsprocesse die r so bedeutenden Wärmeproduction zu suchen sey. Fall dürfen wir diese Wärmequelle mit der durch in Parallele setzen.

b) Alle *lebende Thiere* besitzen das Vermögen der ugung und die Kraft, einer bedeutenden äuſseren ur niedrigern Temperatur zu widerstehen, allein in ngleichen Grade, daſs man diese Fähigkeit bei eini- n ebenso lange, als bei den Vegetabilien in Zweifel t. DUTROCHET [2] hat das Ganze auf eine interessante r einen allgemeinen Gesichtspunct zurückgebracht. ämliche Wärme ist am gröſsten bei Thieren, wel- ihre Luft athmen, mit Ausnahme der Gasteropoden, n sehr klein sind. Bei Thieren, welche durch Kiemen ser enthaltene Luft athmen, so wie bei den Mol- ie Wärme sehr gering, und steht selbst der bei den ihrgenommenen nach, deren Ursache er in einer Art les aus ihren grünen Theilen entweichenden Sauer- ndet, was wohl sehr bestritten werden könnte; rich- setzt er ihr Wärmeproductionsvermögen im gestei-

—

[1] Instit. 1839. N. 281. p. 158.

[2] Instit. 8me Ann. N. 324. p. 98. Edinburgh New Phil. Jl. p. 152.

Digitized by Google

gerten Zustande unmittelbar nach dem der warmblütigen T
denn die *euphorbia lathyris* erzeugte zehnmal so viele W
als ein Frosch, und die Arum-Arten noch mehr. Nach
allerdings höchst merkwürdigen Naturgesetze ist übrige
Thieren und Pflanzen die durch ihren Lebensprocefs e
Wärme entweder unmerklich, oder so, dafs sie sich nam
bei den warmblütigen Thieren dem Grade nähert, wel
Leben aufhören mufs, welchen Punct man bei 50° C.
men kann, dem sich die Vögel mit 44° nähern[1]. Nach
andern höchst merkwürdigen Gesetze entnehmen die
von geringer Wärmeproduction Wärme aus ihrer Um
Thiere von hoher Wärmeproduction dagegen geben
ab; letztere können nicht leben in Temperaturen, wel
ihrige übertreffen, und erstere nicht in solchen, welche
ger sind, als die ihrige, wohl aber in viel höheren, z.
sche in 40° C., doch schwerlich in solchen, welch
übersteigen[2].

Ohne es bei dieser Aufgabe gerade auf Vollständigkeit
ben, welche in das Gebiet der Physiologie gehört, scheint
angemessen, einige hierher gehörige nähere Bestimmung
zubringen, wobei dasjenige, was zur Wärmeproduction di
schen gehört, vom vorzüglichsten Interesse seyn dürfte.

188) *a*) Bei den niederen Thierclassen ist im A
nen die Wärmeproduction so gering, dafs es schwer
überhaupt nur wahrzunehmen. Die Temperatur der
weicht in der Regel nur wenig von der sehr ungleichen
dien ab, worin sie leben; manche erstarren bei gerin
mehrung der Kälte, andere, in höheren Temperaturen
sollen nach Hunter[3] und Rudolphi[4] etwas weni
seyn, als die Medien, worin sie sich befinden. A
z. B. fand John Davy[5] die Temperatur der Blatta

1 Diese Angabe dürfte wohl zu hoch seyn, wie sich
nachfolgenden Messungen ergeben wird.

2 L'Institut. 8me Ann. N. 324. p. 98. Die Angaben
rer Temperaturen, worin Fische leben sollen, zieht Dutrochet
fel. Dieses dürfte auch auf die Angabe anwendbar seyn, da
namentlich Goldfische, im Wasser von 75° C. Wärme leb
S. Froriep Not. Th. XXXVI. S. 57.

3 Philosophical Trans. 1775. 1776.

4 Physiologie. Th. I. S. 171.

5 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII. 44.

Digitized by Google

gleich, worin sie sich befanden. Die Schnecken bei zunehmender äufserer Kälte in die Erde zu- erscheinen selbst bei nur mäfsiger äufserer Wärme kalt[1]. John Davy mafs die Temperatur grofser auf Ceylon und fand sie = 24°,45 C., etwas we- ger, als die Luft der Schachtel, worin sie sich be- der gemeinen Austern war genau die des Meeres dieses fand sowohl beim Krebse als auch bei den Krab- Nach den Untersuchungen von Dutrochet[2] er- alle diese Thiere leicht kälter als ihre Umgebung, in der Regel feucht sind und ihre Temperatur daher stung herabgeht, weswegen man sie bei anzustel- suchen in Luft bringen mufs, die mit Wasserdampf ; allein selbst dann konnte weder er selbst, nach irgend eine Wärmeerzeugung bei den Mollusken den wahrnehmen. Ein sehr geringes Wärmepro- mögen wollen Einige bei den *Crustaceen* und *Te-* den haben[3], Dutrochet aber giebt an, dafs alle chter so wenig, als er selbst, bei den Crustaceen Eigenwärme entdecken konnten. Die *Amphibien* einem nicht unbedeutenden Grade das Vermögen, höheren Temperatur zu widerstehen[4], und er- entlich die Schildkröten, nach Hunter einige , wenn sie sich in kälteren Medien befinden, als für sie geeigneten Temperatur angemessen ist. In- fand John Davy auch in wärmeren Gegenden die der Schildkröten höher, als die ihrer Umgebung, 2° 27′ N. B. jene 28°,89, diese 26°,35 und unter B. jene 31°,3, diese 26°,67 C.; dagegen in der Kap- nur 16°,9, diese 16°,11 und zu Colombo jene 29°,45, bei einem gröfseren Exemplare aber jene 30°,56, 67. Bei den *Reptilien* ist es schon leichter, eine ction wahrzunehmen, auch ist diese ihnen wohl ohne eigenthümlich zugehörend. Dutrochet[5] erwähnt,

---

Mém. sur la respiration. p. 256.
8me Ann. N. 324. p. 93.
Testacea utriusque Siciliae eorumque historia. T. I. P.
6.
la Roche in Journ. de Phys. T. LXXI. p. 292.
0.

Digitized by Google

dafs Berthold die Frösche in trockner Luft kälter
Umgebung gefunden habe, was jedoch eine Folge der
stung seyn mufs, denn wenn die Luft mit Wasserdamp
tigt ist, zeigten sie ihm etwa 1° C. Wärme über die der
bung; Dutrochet selbst aber fand nicht mehr als 0
0°,05 und bei einer Kröte 0°,12 C., welche geringe
nur mittelst des thermomagnetischen Apparates mefs
Uebereinstimmend hiermit behauptet G. R. Treviran
seinen Versuchen mit Fröschen, die in einem Glase auf
wurden, keine Eigenwärme derselben wahrgenommen zu
John Davy aber fand zu Kandy die Wärme einer ra
tricosa nur 25° in Luft von 26°,67, wahrscheinlich a
der Verdunstung. Ebenso erhielt Czermak bei der
agilis 1°,25 bis 8°,12 C., Dutrochet nur 0°,21, Re
dagegen fand die innere Wärme der *Lacerta maculata* =
bei 12°,5 und die eines *proteus anguinus* = 18°,75 b
äufserer Temperatur. Die Temperatur der *Schlang*
John Davy stets höher, als die der Luft, und zwar n
unmerklich, z. B. bei einer Species *Coluber* = 31°,3
von 27°,45 und bei einer Species der braunen Schlange
Luft von 28°,34, bei einem andern kleineren Exemp
nur 29°,1 in Luft von 27°,98 C. Von den *Fischen*
Braun[3], dafs sie stets genau die Temperatur des Wa
ben, worin sie leben, und eben dieses fand auch Du
jedoch gesteht Letzterer zu, dafs v. Humboldt und Pa
Prevost und Dumas, so wie Berthold einen gering
meüberschufs bei ihnen beobachtet haben. Nach v. H
und Provenzal[4] beträgt der Ueberschufs ihrer Wä
die des Wassers nicht mehr, als 1° bis 1°,5 C., u
Davy[5] giebt an, dafs er diesen geringen Unterschied
bei allen von ihm untersuchten Exemplaren gefun
Bei einigen, namentlich dem Haifische, mufs indefs d
schied gröfser seyn, denn nach Perrins[6] betrug die

1 Die Erscheinungen und Gesetze des organischen Leb
men 1831. Th. I. S. 419.
2 Physiologie. Th. I. S. 178.
3 Nov. Comm. Soc. Petrop. T. XIII. p. 419.
4 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 598.
5 G. LXVI. 129.
6 G. XIX. 448.

Digitized by Google

ersteren 27°,75 C., die des Wassers aber nur 24°, jedoch G. R. Treviranus[1], daſs die von John Davy am Hai- wahrgenommene höhere Temperatur eine Folge schlech- tung gewesen sey; auch leitet dieser selbst sie von an- ligen Bedingungen des zur Untersuchung dienenden ars ab. Nach den Beobachtungen von King[2] bei der ahm des Capitain Back betrug am Sklavensee die Wärme uche einer Forelle 2°,22 C. in einer Umgebung von 35 und in einem andern Falle 1°,12 C. bei 0° der Um- ; ein Weifsfisch zeigte aber 6°,12 bei 2°,78 äufserer . Auf jeden Fall ist die Eigenwärme der Fische sehr weswegen Cuvier[3] sie geradezu kaltblütig nennt, weil nge Menge Sauerstoffgas, die sie aus dem Wasser auf- , ihre Wärme nicht bedeutend steigern kann. Becque- rel Breschet[4] fanden bei ihren sorgfältigen Versuchen ärme eines Karpfen (*cyprinus carpio*) nur 13°,5 in von 13° C.; doch hat man Beispiele, daſs eingefrorene nach vorsichtigem Aufthauen lebendig erhalten wurden, bst aber sah einigemal zufällig Fische, in wenigem, ihrer anpassenden, Wasser, welches völlig in Eis eingeschlos- , eine Erscheinung, die man nur von ihrer eigenthümli- Wärmeproduction oder minder wahrscheinlich vom schlech- tungvermögen ableiten kann[5].

on dieser allgemeinen Regel weicht indeſs der *Wallfisch* nd ab, gehört aber auch zu den höheren Thierclassen, er durch Lungen athmet. Ungeachtet seines Aufenthalts en dem Eise in den Polarmeeren ist seine Wärme aus- d grofs, denn Scoresby[6] mafs bei einem eben getöd- emeinen Wallfische (*balaena mysticetus*) 38°,77 C., aber e innere Wärme eines vor anderthalb Stunden getödte- rwals (*monodon monoceros*) fand er 35°,2 C. Minder t war die Beobachtung einer ungewöhnlichen Eigen-

[1] Die Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Th. 7.

[2] Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 150.

[3] Histoire naturelle des Poissons. T. I. p. 275.

[4] Ann. des Sciences nat. T. III. 1835. Zool. p. 257.

[5] Viele Beispiele nebst Angaben der Quellen findet man in Tre- Biologie. Th. V. S. 25 und Rudolphi Physiologie. Th. I. p. 174.

[6] Account of the artic Regions. T. I. p. 477.

wärme, welche John Davy[1] bei einigen Species des T
fisches wahrnahm, wobei immer merkwürdig ist, dafs
Aristoteles[2] diesen Fischen eine aufsergewöhnliche W
beilegt. Auf einer Reise nach Ceylon zeigte ein in den
Muskel eines frisch gefangenen Thunfisches eingesenktes
mometer 37°,23 C., obgleich die Oberfläche des Mee
wo er gefangen war, nur 26°,9 C. warm war. Bei sp
Untersuchungen anderer Species dieser Gattung fand
Davy die Sache bestätigt und erfuhr von den Fischer
ihnen dieses nicht unbekannt sey, indem sie vielmehr
genwärme dieser Fische der bei warmblütigen Thier
setzten. Die grofse Eigenwärme des Narwals, so
Wallfische und Delphine, die durch Lungen athmen, ha
nichts Auffallendes, vielmehr ist eine starke Wärmepro
wegen des kalten Mediums, worin sie leben, ihnen noth
die der Thunfische aber sucht John Davy aus ihre
ausgebildeten Nervensystem zu erklären, worüber zu e
den aufser meinem Bereiche liegt.

189) Den *Insecten* sprechen manche Physiologen al
meproduction ab, und glauben, dafs die wenigen etwa b
teten Grade durch Reibung und mechanische Bewegu
der Flügel, erzeugt würden. Anhänger dieser Mei
unter andern Braun[3], Maraldi[4], Rengger[5] und Tr
nus[6]; inzwischen haben Reaumur's[7] gehaltreiche Beob
gen unlängst dargethan, dafs die von diesen Thieren
Wärme im Verhältnifs zur Gröfse ihres Körpers und d
nach um so viel stärkeren Ableitung keineswegs unbed
was auch aus der nicht geringen Menge des durch sie
form verzehrten Sauerstoffs sich leicht erklären läfst.
auffallendsten gewahrt man eine starke Wärmeprodu

1 Edinburgh New philos. Journ. N. XXXVII. p. 192. X
p. 325.

2 Hist. anim. Lib. VIII. cap. 19.

3 Nov. Comm. Soc. Petrop. T. XIII. p. 419.

4 Mém. de l'Acad. de Par. 1712. p. 423.

5 Physiologische Untersuchungen über d. thierische Ha
d. Insecten. Tüb. 1817. 8. 40.

6 Biologie. Th. V. 8. 30. Erscheinungen und Ges.
S. 421.

7 Hist. nat. des Insectes. éd. 8. T. V. P. II. p. 360.

Digitized by Google

enen[1], weil diese in grofsen Mengen vereint sind und
e sonst statt findende starke Ableitung ihre Wirkung
ern kann. Mit Recht mufs man daher den Insecten
ögen der Wärmeerzeugung durch den Lebensprocefs
, auch geben Rengger und Maraldi dieses zu, ob-
wie auch Reaumur, die Ursache minder richtig in
ung finden, ja nach den Versuchen von Treviranus
ibe, obgleich aus dieser Ursache entspringend oder
dadurch bedingt, selbst an einzelnen Individuen
nicht seyn. Dafs übrigens die Ursache nicht in der
, sondern in der Respiration zu suchen sey, geht aus
n Versuchen hervor. J. Hunter[3] mafs bei einer
Temperatur von 12°,25 C. in einem Bienenkorbe
nd bei 1°,6 äufserer 22°,75, nach Hausmann[4] aber
die Wärme der Heuschrecke die äufsere um 3°,75.
n schätzbaren Versuchen von M. G. Newport[5] pro-
lle Insecten Wärme und die Menge derselben ist
n Nahrung bedingt, indem sie so viel tiefer herabgeht,
das Thier hungert. Im Ganzen ist also das Verhalten
ren in dieser Beziehung genau so, wie bei warmblüti-
n, jedoch geht die erzeugte Wärme um so viel schneller
, weil kein Blutumlauf statt findet, da ihr Blut kein
n arterielles und venöses ist. Man wird dieser An-
t leichter beitreten, wenn man berücksichtigt, dafs
Einlassen nach der oben mitgetheilten allgemeinen Be-
Sauerstoffgas verzehren und Kohlensäure aushauchen,
h habe dieses durch Versuche mit gemeinen Stuben-

W. Jesse Ideen zu einer Zoochemie. Erf. 1800. Th. I. S.
n in Phil. Trans. T. LXXXII. p. 136. Wenn in der Lü-
Heide die Bienenkörbe, besserer Nahrung halber, verfahren
n geschieht dieses, hauptsächlich wegen Vermeidung zu gro-
e, bei Nacht. Dennoch ist es nöthig, am andern Morgen
zeitig zu öffnen, damit die Bienen nicht verbrennen, wie
; denn wirklich steigt aus dem Drahtgitter im Boden der
e Hitze auf, die man kaum mit der Hand zu ertragen

rosum Physiologie. Th. I. S. 179.
hil. Trans. 1792. p. 671.
e animal. exsang. respiratione. p. 68.
Institut. 5me Ann. N. 211. p. 356. Philos. Trans. 1836. P. II.
London and Edinb. Phil. Mag. N. LXVI. p. 189.

Digitized by Google

fliegen oftmals versucht, und man hat hierin ein beque
tel, nach Wegnahme der Kohlensäure reines Stickgas
ten; auch stimmen zahlreiche andere Beobachter hierm
namentlich Reaumur, Bonnet, Scheele, Huber, E
Audoin und Andere, wie Newport versichert, welc
weiter durch zahlreiche Versuche dargethan hat, dafs
des verzehrten Sauerstoffgases nach dem Lebensalter,
stitution und den äufsern Bedingungen verschieden ist.
dem hat derselbe die Functionen der Respirationswerk
den Insecten nachgewiesen und die in gegebenen Zeit
tenen Quantitäten der durch verschiedene Insecten
Kohlensäure tabellarisch zusammengestellt. Mit diese
stimmen endlich Nobili und Melloni, so wie auch Du
überein. Nobili und Melloni[2] bedienten sich bei ih
suchen der thermoelektrischen Säule, deren beiden E
genüber sie kleine metallene Hohlspiegel stellten,
einem die zu prüfenden Insecten durch ein sehr feine
netz frei beweglich festgehalten wurden. Alle Insecte
durch Ablenkung der Magnetnadel freie Entwickelung
me, einige eine nicht unbedeutende; auch ergab sich
Lepidopteren, dafs die Raupen stets eine höhere T
besitzen, als die Puppen und Schmetterlinge. Sofern
Respirationssystem der Raupen weit entwickelter ist
der Puppen und Schmetterlinge, so läfst sich hieraus
dafs die Insecten in der ersten Periode ihres Lebens,
viel fressen und rasch wachsen, eine gröfsere Meng
stoff in Kohlensäure verwandeln, als in ihren späteren
perioden, und dafs also die Wärme auch dieser Thierarte
wisse Weise mit der Menge des verzehrten Sauerstoffgases
Hierdurch zeigen sie eine unverkennbare Aehnlichkeit
warmblütigen Thieren; endlich aber wird aus John Davy
chen sogar wahrscheinlich, dafs sie eine gewisse No
peratur in höherer äufserer Wärme beibehalten.
nämlich

---

1 L'Institut. 8me Ann. N. 324. p. 93.

2 Aus Ann. de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 198 in Pog
Ann. XXVII. 446.

Digitized by Google

Species	Temperatur Thier	Temperatur Luft	Species	Temperatur Thier	Temperatur Luft
pilul.	25°,00	24°,45	Apis ichneum . . .	24°,45	23°,89
ient.	23,89	28,33	Scorpio afer . . .	25,25	26,11
		23,34	Julus	25,75	26,67
hemat.	22,43	16,66	Glühwurm	23,34	22,78

β) Dafs die höheren, durch Lungen athmenden ein Wärmeproductionsvermögen besitzen, unter- Zweifel, denn ihre Eigenwärme ist mit seltenen ndern Ausnahmen gröfser, als die ihrer Umgebung; re Bestimmung ihrer Gröfse aber und der Bedingungen, e unterworfen ist, haben eine zahllose Menge Unter- gen veranlafst. Hiernach ist die Wärme bei den m gröfsten, denn sie beträgt nach BRAUN[1] zwischen nd 43°,75 C., nach den zahlreichen und genauen Ver- von PALLAS[2] aber ist ihr Minimum 39°,25 und ihr m 43°,8 C. Einige nähere Bestimmungen hierüber hat [3] angegeben, woraus sich zugleich ergiebt, dafs diese Wärme mit der Zahl der Pulsschläge in der Minute nicht aber mit der Frequenz des Athmens correspon- Hiernach ist

Gattung	Tempe- ratur	Puls- schlag	Athmung
Taube	40°,0	136	34
Huhn	41,5	140	30
Ente	42,5	110	21
Fischreiher	41,0	200	20

auch JOHN DAVY[4] hat bei verschiedenen Vögeln die wärme gemessen, namentlich auch bei solchen, die unter en Breiten leben. Zur leichteren Uebersicht stelle ich die untersuchten Species zugleich die Aufenthaltsorte, der Temperatur der Luft, und die der Vögel neben ber.

---

[1] Nov. Comm. Petrop. T. XIII. p. 419.
[2] K. RUDOLPHI Physiologie. Th. I. S. 181.
[3] Ann. de Chimie. T. XXII. p. 50.
[4] A. o. a. O.

Digitized by Google

Species	Aufenthalt	Temp. Luft
Falke[1]	Colombo	25°,25
Todteneule	London	15,56
Papagei	Ceylon	24,44
Dohle	Ceylon	29,44
Gemeine Drossel	London	15,56
Gemeiner Sperling[2]	Ceylon	26,67
Gemeine Taube	Ceylon	25,56
	London	15,56
Indisches Huhn	Ceylon	25,56
Gemeines Huhn	Edinburgh	4,44
	Ceylon	25,56
Perlhuhn	Ceylon	25,56
Welsches Huhn	Ceylon	25,56
Procellar. aequinoct.	2° 3′ N. B.	26,11
Procell. capensis	34° 1′ S. B.	15,00
Gemeine Gans	Ceylon	25,56
Gemeine Ente	Ceylon	25,56

Die Vögel können aufserdem in sehr grofser Kälte aus und ihre Eigenwärme scheint darin nicht merklich herab hen, denn King[3] beobachtete am Sklavensee beim Wa huhn, sowohl Männchen als auch Weibchen, übereinstim 43°,33 C. in einer Umgebung von — 8°,33 bis — 15° weifsen Rebhuhn gleichfalls 43°,33 in einer Kälte von — C., bei einem Schneehuhn aber nur 41°,2 in einer von — 40°,55 C., bei einem braunen Taucher 41°,4 und Eistaucher 35°,0 in einer Atmosphäre von 10°, bei der meise 37°,78 in — 8°,89, beim Blutfinken 37°,22 in — endlich bei einem Sandläufer (Schnepfe) 41°,66 in einer gebung von 15°,55. Hieraus geht zugleich hervor, da Vögel grofse Kältegrade ertragen können, indefs finden dafs Sperlinge und Raben bei strengstem Froste ungewö kalter Winter, vermuthlich aber hauptsächlich wegen Mo an Nahrung aus der Luft herabfallen; auch erzählt J. G. G LIN[4], dafs Elstern und Sperlinge bei einer Kälte unter

1 Dieser Vogel war einige Stunden vorher geschossen.

2 Beim Spatzen fand Edwards im Februar 40°,66, im April 4 und im Juli 43°,75 C. S. De l'influence des agens phys. sur la Sect. III.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 150.

4 Flora Sibirica. Petrop. 1747. 4. Praef. p. LI.

Digitized by Google

ncte des Quecksilbers zu Jeniseisk todt niederfielen, i wieder erholten, wenn sie zeitig genug in die Wär- acht wurden.

) Ueber die Eigenwärme der Säugethiere giebt es eine ihe Menge von Beobachtungen, von denen einige der n zu erwähnen genügen wird. Unter die älteren ge- s von Martine[1], Braun[2], Hunter[3] und vorzüglich). Hiernach nähern sich die kleinern Thiere mehr den indeſs weicht ihre Temperatur nicht sehr von derje- , welche bei Menschen constant gefunden wird, die Thiere dagegen haben die letztere mit unbedeutenden ngen. Dumas[5] hat, wie bei den Vögeln, so auch Säugethieren die Eigenwärme derselben mit den Men- Pulsschläge und der Athmungen in einer Minute zu- stellt.

Gattung	Temp.	Pulsschläge	Athmung
ffe	35°,5	90	30
chwein	38,0	140	36
hund	37,4	90	28
Katze	38,5	100	24
Ziege	39,2	84	24
Kaninchen . . .	38,0	120	36
Pferd	36,8	56	16
Schaf	38,0	—	—

wie bei den Vögeln, verdienen auch die durch John n den Säugethieren angestellten Messungen vorzugs- achtung, und ich theile sie daher auf gleiche Weise, , hier mit.

---

issertationes sur la chaleur. Par. 1751. 8.
ov. Comm. Petrop. T. XIII. p. 419.
hilos. Trans. 1792. p. 671.
chultni Physiol. Th. I. S. 185.
an. de Chim. T. XXII. p. 50.

Species	Aufenthalt	Temperatur der Luft	Temperatur des Thiers
Simia Aygula .	Colombo . . .	30°,00	40°,[illegible]
Manis pentedactyla[1]	Colombo . . .	26,66	32,[illegible]
Fledermaus . .	Colombo . . .	27,78	36,[illegible]
Vesp. Vampirus .	Colombo . . .	21,11	37,[illegible]
Eichhörnchen . .	Colombo . . .	27,22	38,[illegible]
gem. Ratte . . .	Colombo . . .	26,67	38,[illegible]
Hase	Colombo . . .	26,67	37,[illegible]
Ichneumon . .	Colombo . . .	27,22	39,[illegible]
Frettel	Colombo . . .	26,67	37,[illegible]
Hofhund . . .	Ceylon	....	39,[illegible]
Schakal . . .	Colombo . . .	28,89	38,[illegible]
gem. Katze . . .	London . . .	15,56	38,[illegible]
Parther	Colombo . . .	27,22	38,[illegible]
Pferd	Ceylon	27,78	37,[illegible]
Schaaf	Schottland . . .	....	35,[illegible] / 40,[illegible]
Ziege	Colombo . . .	25,56	39,[illegible]
Ochse	Edinburgh . .	....	37,[illegible]
	Ceylon . . .	26,67	38,[illegible]
Elenthier . . .	Ceylon	25,56	39,[illegible]
wildes Schwein .	Ceylon	23,88	40,[illegible]
Elephant . . .	Colombo . . .	26,67	37,[illegible]
Meerschwein . .	8° 23′ nördl. Br.	22,22	37,[illegible]

Aus verschiedenen Messungen von John Davy geht h[illegible] oder wird mindestens sehr wahrscheinlich, dafs die W[illegible] genannten Thiere durch das heifsere Klima um 1 bis [illegible] und wohl noch mehr gesteigert wird. Dieses ist a[illegible] merkwürdig, denn Arago[2] bemerkt, dafs nach den R[illegible] der Messungen während der Expedition des Capitain B[illegible] Temperatur warmblütiger Thiere durch eine Kälte von [illegible] — 32° nicht abnimmt, und noch augenfälliger ergiebt sich [illegible] ses aus denen, welche während Parry's zweiter Reise [illegible] stellt wurden[3]. Hiernach waren

1 Das Thier war merklich krank.

2 L'Institut 1836. N. 164. p. 205.

3 Ann. Chim. et Phys. T. XXVIII. p. 223.

Digitized by Google

Thiere	Temperaturen Luft	Thiere
arktischer Fuchs .	— 25°,6	41°,5
derselbe	— 23,3	36,6
weifser Hase . . .	— 29,4	38,3
Fuchs	— 35,6	41,1
derselbe	— 26,2	37,8
Wolf	— 32,8	40,5

nach King's[1] Messungen bei der Expedition des Ca-
ack

Thiere	Temperaturen Luft	Thiere
männl. Eichhörnchen	— 40°,56	38°,89
weibl. Eichhörnchen	— 8,83	36,89
Moschusochse	+ 5°,00	40,00
Lemming	+ 3,89	33,89

1) Bei der Untersuchung der thierischen Wärme darf diejenige nicht übersehn werden, welche bei einigen im Winterschlafe statt findet. Uebergehn wir das-
was diesen höchst merkwürdigen Zustand im Allge-
heifft, wie es nach den frühern Untersuchungen von
, Raffin, Spallanzani, Mangili, Saissy, Pru-
und Anderen durch Flourens[2] zusammengestellt worden ist, scheidet Letzterer den Zustand der vollkommenen und unvollkommenen Lethargie; im ersteren findet weder Athmung Herzschlag statt, im letzteren wird das Athmen durch Zwi-
räume von Minuten und selbst Stunden unterbrochen, die Wärme geht aber bis 5°, 4° und selbst 3° C. herab. Sehr wichtige Untersuchungen über die eigenthümliche Beschaffenheit des Winterschlafes nach lange fortgesetzten Beobachtungen und mit modificirten Versuchen hat Marschall Hall[3] bekannt gemacht. Dieser Zustand ist hiernach ein eigentlicher Schlaf, jedoch vom gewöhnlichen dem Grade nach verschieden. Bei Kälte fallen die Thiere in gewöhnlichen Schlaf, und dieser geht allmälig in den eigentlichen Winterschlaf über, in

[1] Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 151.
[2] Ebendas. N. XIV. p. 219.
[3] Philosoph. Transact. 1832. p. 335 ff.

Digitized by Google

welchem das Blut wegen mangelnder Respiration sei
riellen Charakter verliert. Die Irritabilität ist vermehrt,
spiration geschwächt oder ganz fehlend, die Sensib
Nerven aber und die Muskelbeweglichkeit sind unve
wird das Thier gereizt, so erfolgt Respiration und di
steigt; mit aufhörendem Reize tritt der frühere Zustan
ein. Der Winterschlaf ist vom Torpor verschieden,
chen das Thier durch heftige Kälte und andere dass
affigirende Leiden verfällt. Im Ganzen ist die Lebens
so gering, dafs das Thier fast genau die Temperatur
gebung annimmt. Letztere Thatsachen ermittelte Ma
Hall dadurch, dafs er ein feines Thermometer u
Bauche einer in den Winterschlaf verfallenen, durch
Wärmeleitung von der äufsern Luft abgesonderten Fl
liegen liefs und die Scale von aufsen beobachtete.
bis 31sten Januar erhielt er folgende Temperaturen.

Thier	Luft	Thier	Luft	Thier	Luft	Thier	Luft
4°,65	4°,44	3°,00	2°,78	2°,22	2°,22	5°,00	5°,00
6,11	6,11	2,78	2,78	3,89	3,89	2,78	2,78
5,25	5,50	4,44	4,44	4,44	4,44	1,36	1,36
7,78	8,33	2,78	2,78	6,66	6,66	2,78	2,78
7,78	7,78	1,67	1,67	5,80	5,80	5,56	5,56
8,33	8,33	2,78	2,78	4,68	4,68	6,11	6,11
7,22	7,22	5,56	5,56	6,36	6,36	5,56	5,56
7,22	7,22	4,44	4,44	5,56	5,56	4,13	4,13

Es mufs hierbei noch bemerkt werden, dafs nach wie
Versuchen die innere Wärme des Thieres im Mittel et
höher ist, als die auf die angegebene Weise gefundene
übrigens die Winterschläfer nicht respiriren, ist nic
durch ihren Aufenthalt in mephitischen Gasarten, sond
durch Untertauchen unter Wasser genugsam erwiesen[1].

193) Die Eigenwärme der Menschen ist vielfach un

1 Interessante Erfahrungen über die verschiedenen Mitt
durch nicht blofs die Winterschläfer, sondern die Thiere ü
im Winter die äufsere Kälte abzuhalten suchen, von J. Rus
man in Journ. of the Roy. Inst. N. III. p. 496. Ueber den
schlaf der Insecten, s. Suckow in Heusinger's Zeitschrift für
ganische Physik. Th. I. S. 597.

Digitized by Google

…n, allein die verschiedenen Bestimmungen hierüber weichen …unbedeutend von einander ab, was eine Folge unrichtiger …meter oder nicht hinlänglich genauer Messungen seyn …. Daſs dabei allezeit nur von der Wärme der innern …, namentlich des Blutes, die Rede seyn könne, versteht …ohl von selbst, denn die der äussern Theile ist von un…ssbaren Bedingungen abhängig. Einige der wichtigsten …mungen sind folgende. Nach Brasson[1] ist die mensch…Wärme 37°,37 C.; nach Martine[2] 37°,22, welche Gröſse …n sehr allgemein angenommen wurde. Braun[3] fand in …s mehrern Beobachtungen eines im Munde gehaltenen …meters 36°,25 bis 36°,75; Hunter[4] dagegen unter …eigenen Zunge 36°,11, im Innern des Mastdarms aber …. Wiederholte Beobachtungen an einem feinen Ther…ter, welche aber mindestens 10 Minuten unter der Zunge …n werden muſs, um die höchste Temperatur anzunehbachten Wahlenberg[5] zu der Ueberzeugung, daſs die …dliche Wärme vermöge ihrer Unveränderlichkeit sogar …Graduiren der Thermometer gebraucht werden könne und 36°,87 betrage. Mit dieser Bestimmung kommen alle …n genauere so nahe überein, daſs der Unterschied wohl …nerhalb der Fehlergrenze liegend zu betrachten ist, denn …nahm beobachtete Rudolphi[6] an sich selbst sowohl in …n als auch in Neapel und zugleich in verschiedenen Jah…ten 29° bis 29°,5 R., also 36°,25 bis 36°,86 C.

(94) Im weitesten Umfange hat John Davy[7] die Wärme …enschen zu bestimmen sich bemüht, wozu ihm seine Reise …Ceylon eine vorzüglich günstige Gelegenheit darbot. Nach …allgemeinen Bestimmung setzt er die Eigenwärme der …chen in Europa auf 36°,66 C., fand aber zugleich, daſs …ter der Linie um 1° bis 1°,5 zunahm, und unter 12° …Br., 37°,7 C. betrug. Nachdem dieselben Menschen sich …Wochen zwischen 30° und 35° südl. Br. aufgehalten hat-

[1] Dict. rais. de Phys. art. Chaleur anim.
[2] Dissert. sur la Chaleur. p. 174.
[3] Nov. Comm. Petrop. T. XIII. p. 419.
[4] Philos. Trans. T. LXVIII. p. 7.
[5] C. XLI. 117.
[6] Physiologie Th. I. S. 186.
[7] Ann. Chim. et Phys. T. XXII. p. 435.

Digitized by Google

ten, war ihre Wärme bei 15° äufserer Temperatur nich
als 36°,42. Zu Colombo auf Ceylon fand er die Wä
sechs Singalesen = 38°,23 in einer äufsern Temperat
25°,11 und später die der Mestizen ebendaselbst =
der Weifsen = 38°,54. Später hat John Davy[1] seine
lichen Beobachtungen zusammengestellt, die sich zuerst
veränderliche Wärme der nämlichen Menschen unter v
denen Bedingungen, und zweitens auf die der versch
Menschenracen beziehn. Rücksichtlich des ersteren maf
Wärme bei verschiedenen Individuen der Schiffsmannsc
seiner Reise nach Ceylon vermittelst eines unter die Zu
haltenen Thermometers. Die Wärme, die er in En
Mittel zu 36°,67 C. angiebt, fand er bei 7 gesunden
duen unter 9° 42′ nördl. Br., bei 25°,56 äufserer Te
zwischen 36°,67 und 37°,45; unter 9° 12′ nördl. Br. be
äufserer Temperatur zwischen 36°,87 und 37°,78; un
44′ südl. Br. bei 26°,67 äufserer Temperatur zwischen
und 38°,33; nach einem Aufenthalte von drei Woch
schen 30° und 35° südl. Br. bei einer äufseren Temper
15°,56 unter 35° 22′ südl. Br. zwischen 36°,67 und
Um den Einfluſs eines schnellen Wechsels der äufseren
ratur zu ermitteln, mafs er bei den nämlichen Indivi
Wärme zuerst in Kandy, der Hauptstadt von Ceyl
dann im Hafen zu Trincomalie, wohin sie reiseten. Je
unter 7° 17′, dieses unter 8° 34′ nördl. Br.; dort wa
der Erhebung von 1500 Fufs über die Meeresfläche d
lere Temperatur 23° C., hier 28°, und so fand er dort
36°,67 und 37°,22, hier zwischen 37°,22 und 37°,66
16 Tagen müssigen Lebens zu Trincomalie fand er
36°,94 und 38°,89; nachdem sie aber zwei Tage w
Kandy gewesen waren, fand er zwischen 36°,66 und
Da die Temperatur zu Kandy stark wechselte, so un
er endlich den Einfluſs dieses Wechsels bei einem Ind
und fand

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVI. p. 300.

Digitized by Google

Stunde	Temperatur der Luft	des Menschen	Empfindung
Morg.	15°,83	36°,67	Kühle
—	18,88	36,39	Kälte
Mitt.	25,56	36,95	Kühle
—	26,11	36,95	Wärme
—	21,66	37,22	Wärme
—	20,56	36,67	Kühle

eitens die Eigenwärme der verschiedenen Menschenracen
teln, stellte er auf dem Cap, auf Isle de France und
lon die erforderlichen Messungen an. Bei den Hotten-
nd er zwischen 35°,83 und 37°,50, wobei die beob-
sehr geringe Wärme wohl Folge des zu kurze Zeit
n Versuchs seyn möchte, doch waren die Individuen,
die geringere Wärme zeigten, sehr mager und schwäch-
i robuste Engländer dagegen zeigten gleichzeitig zwi-
°,22 und 37°,5. Zu Isle de France bei 23°,33 äufsere
zeigten drei robuste Neger zwischen 37°,22 und 37°,5,
gländer daselbst zeigten 36°,94. Bei sechs Singalesen
n war die Wärme mit geringen Unterschieden zwi-
°,78 und 38°,61; bei vier Albinos zwischen 38°,33
°,61; bei Kindern von singalesischen Müttern und Eng-
war die Wärme zwischen 37°,78 und 38°,89, bei an-
päischer Abkunft, zwischen 38°,33 und 38°,89. Zu
auf Ceylon zeigte ein fast hundert Jahr alter Ein-
bei 22°,22 äufserer Temperatur nicht mehr als 35°,
aber schwankte die Eigenwärme der Bewohner jener
schen 36°,67 und 37°,22. Auch drei Vaidas, gänzlich
d nackte, welche zufällig aus den Wäldern am See
nach Ceylon gekommen waren, zeigten zwischen
nd 36°,95. Genau ebenso zeigten vier Malayen bei
ufserer Temperatur zwischen 36°,94 und 37°,22; sechs
bei 26°,67 äufserer Temperatur zwischen 36°,67 und
und die englischen Soldaten bei ungefähr 24° äufserer
tur zwischen 36°,67 und 38°,33.

5) Die hier mitgetheilten Resultate geben eine sehr
ge Uebersicht, und sie sind um so schätzbarer, weil
ch ein Thermometer unter der Zunge erhalten wurden.
r die Einflüsse verschiedener äufserer Bedingungen noch

näher kennen zu lernen, wollen wir aufserdem ei
Erfahrungen mittheilen. Nach Chisholm's[1] Be
auf Demerary unter 6° nördl. Br. war bei zwei eb
land angekommenen Personen die Wärme unter d
35°,6, der Puls 98; bei zwölf länger dort anwesend
35°,6, der Puls 70; bei zwölf kürzlich angekomm
von der Goldküste 36°,4, der Puls 98; bei zwölf
anwesenden Negern 35°,8, der Puls 82; bei zwölf Cr
der Puls 85. Ferner war bei

einem weifsen Kinde von	6	Mon.	Temp.	37°,2	Pu
— —	—	15	—	—	36,7	—
— —	—	30	—	—	36,7	—
— schwarzen	—	42	—	—	36,2	—
— Mulatten	—	4,5	Jahr	—	36,2	—
— Muslee	—	5	—	—	36,7	—
einer Negerin		80	—	—	36,7	—

Die mittlere Wärme von 60 erwachsenen Individue
gerade wie in England. Auch Douville[2] hat auf
in Africa viele Beobachtungen angestellt, welche
absolut genaue Resultate geben konnten, da er die
terkugel in der Hand halten liefs, doch aber wege
gleichbarkeit unter sich viel Interesse gewähren. E
Morgen früh vor dem Ausgehn

ein Weifser von	12	Jahren	36°,56
— Neger —	12	—	39,35
— Weifser —	20	—	36,25
— Neger —	20	—	38,75
Mädchen weifs —	14	—	37,50
— schwarz —	14	—	40,31.

Auf einer Höhe von 2150 Metern fand er im Ju
Einfluſs des Temperaments.

Ein Neger,	faul	und	dumm	von	18	Jahren
— —	—	—	—	—	18	—
— —	thätig	—	klug	—	18	—
— —	—	—	—	—	18	—

1 Biblioth. univ. T. XV. p. 159.
2 Journ. de Chim. médic. VIIIme Ann. Fevr. p. 97.

Digitized by Google

ıthätigkeit im Schatten, aber auch durch Thätigkeit in
ze, scheint die Temperatur herabzugehn; denn er fand
:m

eger, faul und unthätig in der Cabane . . 37°,15
– – – – in der Sonne . . . 40,20
– thätig in der Sonne . . . 39,75.

glaubt er gefunden zu haben, dafs bei den Negern,
früh entwickeln und selten über 40 Jahre alt werden,
rme mit den Jahren merklich abnimmt. Er fand bei

einem Neger	von	15	Jahren . . .	40°,30
einer Negerin	—	15	—	40,90
einem Weifsen	—	20	—	37,80
einem Neger	—	20	—	39,05
einer Negerin	—	20	—	39,45
einem Neger	—	25	—	38,85
einer Negerin	—	25	—	38,61
Neger von Loande		54	—	37,91

) Einen sehr schätzbaren Beitrag zur Bestimmung der
chen Wärme verdanken wir den Beobachtungen, wel-
RAUD und DE BLOSSEVILLE auf der Corvette La Che-
stellten. Sie wurden an 12 Personen der Schiffsmann-
Stunden nach dem Essen gemacht, indem die Ther-
ngel bei verschlossenen Lippen wenigstens 15 Min.
Zunge blieb, die Thermometer aber waren vor und
Expedition auf der Sternwarte genau geprüft, und
rm Resultate, welche zwischen dem Maximum von
ıd dem Minimum von 36°,7 liegen, zeigt folgende

Zeit	Breite		Länge von Par.		Temperatur der Luft	Temperatur d. Menschen
827	10°	4′ N.	23°	28′ W.	26°,00	37°,34
mber 1827	0	10 S.	65	23 O.	30,00	37,72
1828	7	1 S.	102	41 O.	30,80	37,51
ber 1828	0	30 N.	22	36 W.	26,00	37,51
ist 1827	36	10 S.	26	0 O.	17,03	37,01
ber 1828	32	23 S.	12	26 O.	17,03	37,15
ıber 1828	46	0 N.	12	0 W.	12,02	37,17

Nach im Ganzen 77 Beobachtungen war die mittlere von 8 Individuen bei äufserer Temperatur zwischen 30°,8 C. = 37°,58 und von den nämlichen bei einer Temperatur zwischen 12° bis 17° C. = 37°,11. Die thiopiern und Hindus gemachten Messungen sind für nügende Entscheidung nicht hinlänglich sicher, doch die gefundene Wärme derselben von der der Europ merklich ab.

197) Nehmen wir alle diese Angaben, die sich lei um viele vermehren liefsen, zusammen, so erschei fraglich, ob wir die von Wahlenberg angegebene mung von 36°,87 als allgemeine Normalgröfse annehm nen, was jedoch für mittlere Breiten und ohne beding benumstände im Mittel zulässig seyn dürfte. Eine an darbietende Frage ist die, ob die menschliche Wärm Theilen des Körpers dieselbe sey, was schon inso wohl der Fall seyn kann, als die Extremitäten dur tung einen Verlust erleiden müssen, wenn gleich ein meter unter der Zunge hinlänglich lange gehalten d des menschlichen Körpers genau genug angeben wird die des Blutes im Herzen und in den Lungen noch e nigkeit höher seyn dürfte. Wenn wir übrigens d grenze auch möglichst grofs annehmen, so können nicht wohl umhin zuzugestehn, dafs die menschlich unter mittlern und höhern Breiten zu 36°,87 bis 37° men unter dem dauernden Einflusse höherer Temper um 1° bis höchstens 1°,5 steige, und bei den Neger selbst noch darüber erreiche. Sollten aber auch einz viduen einen geringen Unterschied zeigen, so ist auf ihre Wärme eine constante Gröfse, die sich im Gan einige Grade ändert. Hierüber sind gleichfalls eine M obachtungen vorhanden. Namentlich überzeugte sich me[1], welcher die Wärmegrade mit der Zahl der P verglich, dafs 41°,62 das Maximum der Wärme sey bei Patienten in der heftigsten Fieberhitze eintritt[2].

1 Medical Facts and Experiments. Lond. 1759. 8. 228.

2 Ich wage nicht zu entscheiden, was von der Anga ner's zu halten sey, welcher durch Versuche gefunden zu hauptet, dafs ein Thermometer in der Achselhöhle beim Wec

Digitized by Google

steigt nach JOHN THOMSON[1] die Hitze des Blutes im
, und dieses ist als das Maximum für den Zustand der
dung anzusehn. Wie weit die Temperatur in Ohn-
n herabgeht, finde ich nicht angegeben, denn die Beob-
g von JAMES CURRIE[2], in dessen Hand das Thermome-
ihrend einer Ohnmacht nach einem Aderlafs bis 28°,33
ing, ist zu wenig entscheidend, indem hierbei das Zu-
ten des Blutes in die innern Theile von entscheidendem
s seyn konnte. Aeufsere Einflüsse der Wärme und Kälte
n minder geeignet, die natürliche Temperatur der Men-
zu erhöhn und zu vermindern, mehr aber dürfte dieses
den innern Zustand gröfserer Aufregung oder unge-
cher Atonie geschehn. So ergeben die Versuche von
EDWARDS[3], dafs die warmblütigen Thiere in kalten
eiten mehr Wärme produciren und mehr Sauerstoffgas
en, als in kalten. Bei neugebornen Kindern fand er
hr geringe Wärmeproduction; sie wird aber nach eini-
gen schon so stark, als bei Erwachsenen. Nach den
ntungen englischer Aerzte[4] steigt die Temperatur in
n Krankheiten sehr selten höher, als 40°,56 C. und nie
° C.

98) Vorzügliche Beachtung verdienen die Untersuchungen
ACQUEREL und BRECHET über die thierische Wärme,
sie sich des Thermomultiplicators bedienten[5]. Bei zwei
m männlichen Geschlechts von 20 Jahren und einer äl-
n 55 Jahren fanden sie die mittlere Temperatur der
n 36°,77 C., übereinstimmend mit der bei verschiede-
hieren. Diese Wärme ist etwas gröfser als die des Zell-
, und zwar beträgt der Unterschied, welcher aus der
an die äufsere Umgebung entspringt, etwa 1°,25 bis

° bis 4° C. über und in der Fieberhitze 1° bis 2° weniger als
dere Temperatur zeigt. S. Froriep Not. Th. XI. N. 9.
Lectures on Inflammation. Edinb. 1813. 8. p. 46.
Ueber die Wirkungen des kalten und warmen Wassers. Leipz.
Voll. 8. Th. II. S. 349.
De l'Influence des Agens physiques sur la Vie cet. Par. 1824.
. 3.
Edinburgh Med. and Surg. Journ. T. XXII. p. 363.
Annales des Sciences naturelles. T. III. 1835. p. 257. Vergl.
Hermaeter. Bd. IX. S. 1003.

höchstens 2° C., die mittlere Temperatur der Muskeln
schiedenen Hunden war 38°,3, erreichte aber nie 39°.
Despretz gefunden zu haben behauptet. Beim gesunde
ist die Wärme der Brust, des Abdomen und des Ge
nämliche, als die der Muskeln; beim Einsenken der
elektrischen Nadel in das Gehirn ging dieselbe jedoch
um einige Grade herab, und der Hund starb nach
Minuten. Als merkwürdiges Resultat verdient beachtet
den, dafs die Temperatur der Muskeln sich durch ver
Ursachen merklich ändert, namentlich durch die Co
die Bewegung und die Zusammendrückung. Fällt
traction des Muskels mit den wiederholten Oscillati
Nadel des Multiplicators zusammen und werden let
durch vergröfsert, so nimmt man wahr, dafs die T
hierdurch um 0°,5 C. wächst. Wird der Arm, in des
kel die thermoskopische Nadel (aus Stahl und Kupfe
senkt ist, bewegt, z. B. beim Sägen eines Bretes, so
Temperatur durch den Andrang des Blutes um 1°
dagegen die *arteria humeralis* stark mit dem Fing
mengedrückt, während die thermoskopische Nadel
oder noch besser im Muskel des Vorderarms eingesen
zeigt sich sogleich eine Verminderung der Temperatu
nige Zehntel eines Grades. Mit einem etwas abgeänd
parate fanden dieselben Gelehrten nachher[1] im Fieb
die Wärme der Muskeln bis 3° C. erhöht, sehr e
Scrofelgeschwülste zeigten keine Erhöhung, Krebsc
weit sie untersucht werden konnten, eine kaum merk
ringerung. Ebenso war die Wärme an der vom S
rührten Seite nicht verschieden von der der andern.
nem eben verstorbenen Menschen war die Temperatu
ceps brachialis erst 1°,5 niedriger, nachdem die
schon um 5° C. gesunken war. Durch noch weite
setzte Versuche fanden dieselben[2], dafs bei Mens
Hunden die Wärme der Muskeln im Rhonethale und
St. Bernhard keinen Unterschied zeigt. John Davy
funden haben, dafs im Mittel bei fünf Lämmern
peratur des arteriellen und venösen Blutes um 0°,7

1 L'Institut. 1835. N. 118. p. 359.
2 Ebendaselbst 1836. N. 190. p. 435.

Digitized by Google

en iſt, bei vier Hunden fanden die erſtgenannten Ge- aber einen Unterſchied von 0°,84 und in andern Ver- von 1°,01. Bei der Messung der absoluten Wärme der *jugularis* und der *arteria cruralis* fanden ſie die Wär- er 38°,0, dieſer 38°,9, ſtatt daſs JOHN DAVY einen Un- ied von 1°,1 gefunden hat. Eine kleine Entfernung vom n giebt keinen merklichen Unterſchied, wohl aber eine e. Bei einem welſchen Hahn (*meleagris gallo-pavo*) n ſie die Wärme des *pectoralis* 40°, des Zellgewebes un- r Haut 38°,5 und die linke Herzkammer übertraf die um 0°,9 C.

99) Der Mensch kann vorzugsweise ſehr hohe Grade der und Kälte ertragen, wenn er in beiden Fällen durch dung gegen zu groſse Zuleitung oder Ableitung der Wär- ſchützt iſt, weil sonſt ſein Organismus der Aufnahme geführten oder der Entziehung ſeiner eigenen Wärme genügend widerſteht. Ist der Mensch ohne Schutz und dung in trockener Luft einer anhaltenden Kälte von 2° über dem Gefrierpuncte oder im Waſſer und feuchter von 6° bis 10° ausgeſetzt, ſo erliegt ſein Lebensorganis- n 6 bis 12 Stunden[1]. Durch Kleider geſchützt kann lenſch in trockner Luft unglaublichen Graden der Kälte ſtehn. Die Grönländer, Lappen und Bewohner des öſt- n Sibiriens ertragen oft im Freien eine Kälte unter dem rpuncte des Queckſilbers, welche ſelbſt in Petersburg ſkau nicht zu den groſsen Seltenheiten gehört. Am ſten ſind hierüber die Beobachtungen des Capitains PARRY nem Winteraufenthalte auf der Inſel Melville. Der ho- älte ungeachtet bewegte ſich die Mannſchaft täglich im und fand es unangenehmer und mehr afficirend, sobald bei derter Kälte der Wind wehete, als wenn bei den höch- raden derſelben die Luft ruhig und trocken war, in wel- Falle eine Temperatur von — 47°,5 C. leicht ertragen lso, die natürliche Wärme zu 37°,5 angenommen, eine

[1] Ein Beiſpiel liefert der Tod aller Menſchen auf einem ge- ten Schiffe, von denen bloſs eine Frau und ein Neger erhal- rden, die den unterſten Platz im Schiffe einnehmen muſsten n den Hals im Waſſer ſtanden. S. Philos. Trans. T. LXXXII.

Digitized by Google

Temperaturdifferenz von 85° C. erzeugt wurde[1]. W
jemand bei einer solchen Kälte dem geringsten Win
gen ging, so empfand er ein beifsendes Gefühl im ge
sichte, verbunden mit einem Schmerze mitten auf
welcher bald sehr heftig wurde. War jemand dem
dieser Kälte mehrere Stunden oder einen ganzen T
setzt, wie sich zuweilen bei Verirrungen auf der Ja
nete, so erzeugte dieses den Zustand der Betäubung
völlig dem der Berauschung glich, indem die auf sol
Afficirten irre redeten, bis sie in wärmerer Umgebu
hergestellt waren. Parry versichert, er würde eini
duen in dieser Lage für berauscht gehalten haben,
nicht vom Gegentheil bestimmt überzeugt gewesen
er glaube, dafs oft in ähnlichen Fällen Trunkenh
worden sey, wo es nur Betäubung durch Kälte war

200) Die warmblütigen Thiere können dauern
einer Temperatur leben, welche ihre natürliche überst
nere Thiere sterben in einer solchen bald, mit gröfs
ren lassen sich nicht wohl Versuche hierüber anstell
schen aber ertragen kurze Zeit eine Wärme, welche
Siedehitze des Wassers übersteigt. Boerhave[2] stell
auf, der Mensch und überhaupt die warmblütigen Th
aufser Stande, auch nur während einer unbedeute
Zeit eine höhere Temperatur, als die der Blutwärm
tragen. Als diesemnach Fahrenheit und Prev
Hund und eine Katze in einer Trockenstube für Z
Hitze von 63°,44 C. aussetzten und diese nach 2
starben, wurde die Meinung angenommen, dafs es
blütige Thiere überhaupt unmöglich sey, einen Hitz
die Blutwärme auszuhalten. Allein im J. 1748 fand
zu Charlestown die Hitze in der Sonne 51° C.,
am Senegal in den heifsen Nächten 32°,5, am Tag
Sande an der Sonne 75°, in der Cajüte auf dem Str
rend der Nacht 37°,5 bis 40°, am Tage 50° bis 56°,
hielten die Menschen dieses aus; Gmelin[5] fand die

1 Parry's zweite Reise. D. Ueb. S. 245 u. 187.
2 Elem. chem. L. B. 1732. T. I. p. 275. T. II. p. 53
3 S. Philos. Trans. 1748. p. 836.
4 Hist. natur. du Sénégal. Par. 1757. 4. p. 53 ff.
5 Flora Sibirica. T. I. praef. p. 81.

Digitized by Google

russischen Dampfbäder 42°,25 bis 46°,25, und Ellis[1] be-
hte aus Savannah, dafs ein unter einem Schirme getrage-
Thermometer 40°,44 zeigte, gegen seinen Körper gehalten
auf 35°,88 herabging. Deswegen stellte Arn. Duntze[2]
mals Versuche mit kleinen Thieren an, welche aber in ei-
Wärme von 45° starben und auf etwas längere Zeit nicht mehr
40° bis 42°,5 auszuhalten vermochten. Gegen die hieraus
genen Folgerungen entschied eine Beobachtung von Til-
[3] und Duhamel, welche im J. 1760 eine Bäckerstochter
linuten in einem Backofen verweilen sahn, dessen Hitze
einem Weingeistthermometer auf 128°,75 C. geschätzt
la; der Erstere wiederholte daher die Versuche abermals
kleinen Thieren, welche aber nur kurze Zeit in 62° bis
ushielten und etwas länger, wenn sie in Leinen einge-
t waren. Dennoch berichtete Dobson[4], dafs er gesehn
, wie mehrere Personen eine Hitze von 94° bis 106° C.
10 bis 12 Min. ertrugen, wobei ihre Eigenwärme bis 48°
und ihr Puls 145 Schläge hatte.

201) Nach diesen einander widersprechenden Erfahrungen
hen endlich im J. 1775 Fordyce, Banks, Blagden,
son und Solander das zweckmäfsigste Mittel zur Ent-
idung dieser zunächst in Beziehung auf die Menschen auf-
rfenen Frage, indem sie sich selbst höhern Hitzegraden
etzten[5]. Fordyce liefs Zimmer durch Wasserdämpfe hei-
, und in diesen hielt er aus 5 Min. in 32°,5; 10 Min. in
,75; 20 Min. in 48°,75; 15 Min. in 55° C. Hitze, ohne
ehrung seiner Wärme, aber mit Beschleunigung seiner
chläge bis zur Zahl von 145 in einer Minute. Einige von
n, durch die ersten Versuche dreist gemacht, ertrugen nach-
20 Min. 66°,25; 10 Min. 92°,5; Solander allein 7 Min.
,75; Banks 7 Min. 99°,35 und Blagden 7 Min. 126°,68,
Hund endlich ertrug 30 Min. 100 bis 112°. In den von

1 Philos. Trans. T. L. p. 755.
2 Dissert. compl. varia exper. calorem animalium spect. L. B.
4.
3 Mém. de l'Acad. 1764. p. 186.
4 Phil. Trans. 1775. T. LXV. P. II. p. 463.
5 Philos. Trans. T. LXV. p. 111 u. 484. Ueb. in: Versuche über
rmögen d. Pflanzen und Thiere, Wärme zu erzeugen und zu
lichten. Von L. v. Crell. Helmst. 1778. 8.

Digitized by Google

Fothergill angestellten Versuchen ertrug Einer eine Hitze v
94°,5, wobei sein Puls von 65 auf 120, seine Wärme
37°,5 stieg; ein Anderer ertrug 20 Min. 99°, während
Puls von 75 auf 164 und die Blutwärme auf 42° stieg,
Dritter endlich, bei welchem der Versuch Ermattung und
lich Erbrechen verursachte, ertrug 10 Min. 106°,5, wäh
sein Puls von 80 auf 145, die Blutwärme auf 42° stieg. S
tere Beobachtungen stimmten vollkommen darin überein,
der Mensch einige Zeit eine die Blutwärme weit überste
Hitze zu ertragen vermag. Von natürlicher Hitze erz
dieses Ellis[1], Tuckey[2], Haafner[3] und Andere, Re
phi[4] empfand keine Beschwerden in den Dampfstube
See Avignano bei Neapel bei 43°,75 Temperatur, noch
Fried. Gregorius[5] in den Berliner Dampfbädern bei
bis 62° C., wobei ihre Eigenwärme um 3° bis 4° ver
wurde.

Die neuesten, sehr werthvollen Versuche, wodurch
diese Aufgabe als erledigt betrachten kann, sind von D
Roche und Berger[6]. Die stärkste Hitze ertrugen sie in tr
nen Stuben und mit einem leinenen Schirme gegen die St
len der Wärme geschützt. Hier hielten sie 8 Min. in
Temperatur von 87°,5 bis 90° aus, anfangs mit einer
genehmen Empfindung, nach dem Ausbruche des Schw
aber mit einem solchen Gefühle von Schwäche, dafs sie we
mufsten. Nachher ertrugen sie nochmals kurze Zeit eine
von 109°,35 C., empfanden ein heftiges Brennen gegen
Gesicht, geriethen in starken Schweifs und konnten ihre
wegen Schnelligkeit nicht zählen, waren aber dennoch
45 Minuten wieder in ihrem natürlichen Zustande. D
Wasserdämpfe erzeugte Hitze fanden sie viel unerträgli

1 Philos. Trans. T. L. p. 755.

2 Relation d'une expédition pour reconnaître le Zaire. T
de l'Angl. Par. 1818. 8. T. I. p. 84.

3 Dessen Reise.

4 Physiologie Th. I. S. 193.

5 Dissert. de Sudationibus Rossicis. Berol. 1819. 4.

6 Expériences sur les effets qu'une forte chaleur produit
l'économie animale. Par. 1806. Journ. de Phys. T. LXII. p.
LXXI. p. 239. Zum Theil in Nicholson's Journ. N. 7
Bibl. Brit. T. XXXVI. p. 142.

Digitized by Google

ie trockne, auch brachte jene eine viel gröfsere Vermin-
g ihres Gewichtes durch Ausdünstung hervor, als diese.
leinen Thieren brachten 62°, ja sogar 56° schon den Tod
r, wobei ihre eigene Wärme meistens die der Umgebung
ieg. Noch weiter kann man es durch Schutzmittel gegen
Zuleitung der Wärme bringen. Ein gewisser Martinez
14 Min. in einem Ofen, worin das Thermometer 170° C.
e. Sein Puls hatte vorher 76, nachher 136 Schläge. Her-
hielt er noch 7 Min. in 152° aus. Er bekleidete vor-
ch den Kopf mit vielem Wollenzeuche und stürzte sich
dem Herauskommen in kaltes Wasser. Der Versuch er-
gt sehr und kann wöchentlich nur einmal angestellt
en[1].

202) Die Ausdünstung ist ein vorzügliches Hülfsmittel, so
e Hitzegrade erträglich zu machen, indem die Eigenwärme
ch gehindert wird, bedeutend über ihre normale Gröfse
teigen. Aus dieser Ursache wird heifses Wasser weit we-
leicht ertragen, eine längst bekannte Wahrheit, die aber
rdings dadurch wieder zur Sprache gebracht worden ist, dafs
chall Marmont zu Brussa einen Türken gesehn zu haben
net, welcher in einem Bade von 78° C. lange Zeit ver-
lte[2], und dafs er auch dann bei seiner Aussage beharrte,
hm verschiedene andere Erfahrungen entgegengesetzt wur-
. Nach Newton soll man Wasser von 50° Wärme an
Hand ertragen, wenn man sie ruhig hält, aber nur von
wenn man sie bewegt. Die genannten englischen Aerzte,
e eine so grofse Hitze in trockner Luft ertrugen, konn-
n Quecksilber nur 47°, in Wasser 50°,5, in Oel 54° und
Alkohol 54°,5 C. aushalten; Dr. Carrère, ein rüstiger
n, konnte in den warmen Bädern von Roussillon, deren
me 50° C. beträgt, nur drei Minuten verweilen, Lemon-
ertrug zu Barèges Wasser von 38° ohne grofse Umbe-
mlichkeit, von 45° aber nur acht Minuten, weil er roth
rde und anschwoll und eine Betäubung ihn nöthigte, das

1 La Clinique. 1823. N. 82.

2 Das Mineralbad zu Kukurkli soll 84° C. und das zu Yeni-Ka-
h 64° C. haben. Uebrigens steht Marmont's Beobachtung mit
Theorie und vielen Erfahrungen so sehr im Widerspruch, dafs sie
der Hand noch als zweifelhaft gelten mufs.

Bad zu verlassen. Endlich setzt Dr. Berger 42° C. als Maximum der Temperatur eines Bades aus reinem Wa welches der Mensch zu ertragen vermag[1]. Die Ursache d Unterschiedes liegt übrigens nicht fern; in der Luft, wer lich in der trocknen, wird stets etwas Wärme durch Ver stung entzogen, im Wasser aber die erzeugte durch zugefü vermehrt.

203) Die Quelle der thierischen Wärme liegt dem schein nach zunächst im Blute, denn sie wird durch diese ganzen Körper verbreitet; diejenigen Theile sind die wärm welche den stärksten Zufluss des Blutes haben, die Extr täten aber sind am kältesten, auch kälter und absterbend, w das Blut aus ihnen zurücktritt[2]. Woher aber das Blut aufs Neue diese Wärme nehme, darüber sind die Meinu allezeit sehr verschieden gewesen. Hippokrates[3] und Ga nus[4] legten dem Herzen eine natürliche, angeborene Wä bei, welche sich von hier aus durch den ganzen Körper breite. Ihnen folgte Cartesius[5], und noch kürzlich Caldani[6], die Wärme werde angeboren, erbe von der Mu auf das Kind, und es sey daher blofs ihre Erhaltung zu klären. Dafs solche Phantasieen keiner Widerlegung bedü versteht sich von selbst. Die besser unterrichteten Physiol der spätern Zeit theilten sich in zwei Schulen, die mech sche und die chemische, und beide suchten ihre Hypothese vertheidigen.

204) Die *mechanische Schule* suchte die Ursache der t rischen Wärme in der Bewegung des Blutes und der Rei desselben an den Wandungen der Gefäfse. Anhänger dies

---

1 Aus Compte rendu 1836. T. I. p. 211 in Poggendorff's A XXXVIII. 479.

2 S. John Davy in Phil. Trans. 1814. P. II. p. 598.

3 De Diaeta L. I. Tract. de corde.

4 De usu partium L. VII. c. 9. 21. De Temperamentis. L. c. 3.

5 De Homine. p. 5. De formatione foetus. p. 197.

6 Mem. di matem. e di fisica T. XIII. p. 296. Die ältern A hänger einer angebornen Wärme, als Th. Bartholinus de fluxu cordis 1667, Schelhammer de febres curandi methodo. 1693. S. II. 93 und Apinus in Fascic. Diss. acad. 1718. p. 14, übergehe ich m Stillschweigen.

Digitized by Google

waren unter andern Boerhave[1], Martine[2] und Van ...ten[3], welche ihre Meinung vorzüglich auf das Argument ...deten, dafs die Bewegung des Körpers die Wärme bedeu... vermehre und im Winter einziges Mittel zur Erhaltung ...ben sey; sie werde ferner durch vermehrten Pulsschlag ...r, sey daher im hohen Alter geringer, im mittleren we... gröfserer Festigkeit der Gefäfse am gröfsten, und bei den ...ltigen Thieren, ungeachtet der ungleich weiten Ge..., nahe gleich, weil sie im geraden Verhältnifs zur Ge...digkeit der Bewegung und im umgekehrten der Weite ...fäfse stehe.

Gegen diese Hypothese wurden verschiedene Einwendun... gemacht, indem man namentlich zeigte, dafs alle Arten ...keiten bei noch schnellerer Bewegung und ungleich stär... Reibung gar nicht erwärmt würden. Aufserdem ist die ... der Zahl der Pulsschläge keineswegs proportional, denn ... steigen leicht auf das Doppelte, ohne mefsbare Vermeh... jener, und praktische Aerzte[4] wollten bei Fiebern sogar ...nderung der Wärme bei Vermehrung der Pulsschläge ...den haben. Hunter[5] findet einen gewichtigen Gegen... in dem Umstande, dafs auch solche Thiere der Kälte ...stehn, in denen kein Kreislauf des Blutes statt findet. ...ch suchte Robert Douglas[6] die Hypothese zu verthei..., indem er annahm, die Reibung finde hauptsächlich zwi... den Blutkügelchen statt und gäbe im Sommer geringere ...me wegen der Erweiterung der Gefäfse durch äufsere hö... Temperatur. Brisson[7] zeigt hiergegen sehr gründlich, die angenommene Zusammenziehung der Gefäfse im Win... durch Kälte und dadurch vermehrte Reibung keinen Sinn ..., weil die Gefäfse, im Winter wie im Sommer, stets wär-

---

1 Institut. rei med.

2 De animalibus simil. et de animalium calore Libb. II. Lond. ... 8.

3 Comment. in Boerhavii Aphor. P. II. §. 675.

4 A. R. Martin in Schwed. Abh. Th. XXVI. S. 209. Haen Ratio ...di. 15 T. ed. alt. Vind. 1760. 8. T. XI. p. 163.

5 Philos. Trans. T. LXV. P. II. n. 43.

6 Essay sur la génération de le chaleur des animaux. Trad. de ... Par. 1751. 8.

7 Dict. rais. de Phys. Art. Chaleur anim.

Digitized by Google

mer als die äufsere Temperatur seyen; auch führt v. an, dafs die Gefäfse bei Fischen und Fröschen am eng diese daher die gröfste Wärme haben müfsten, da ne drein die Zahl der Pulsschläge bei letzteren fast d gros ist, als bei Ochsen. Aus eben diesen Gründen die von Fryer[2] aufgestellte Hypothese, wonach die Wärme durch das Reiben der festen Bestandtheile bewegten Körpers erzeugt werden soll, ganz unhaltbar

205) Die *chemische Schule* dagegen leitete i thierische Wärme aus Gährungen und Effervescenzen che aus der Mischung der Säfte und des Blutes entst ten. Dieser Ansicht waren Willis[3], Vieussens[4], LER[5], v. Helmont[6], Sylvius[7], Bazzicaluve[8], Ste und Andere[10]. Den unmittelbar sich aufdringenden dafs man am Blute gar keine Gährung wahrnehme Homberg[11] durch Erfahrungen zu widerlegen, wel sen, dafs das Aufbrausen mancher Mischungen erst b der Luft bemerkbar würden. Cromwell Mortimer[12] Gährung entwickele Luft aus dem Blute und diese setze in Bewegung. Hamberger[13] kam indefs wieder Gährungen zurück, welche durch die Verbindung vo felartigen und laugenartigen Theilen entstehen sollten Wärmeentbindung in Taubenmist, feuchtem Heu un

1 De partium corp. hum. fabrica et functionibus. Bern 1778. 8. T. IV. L. VI. sect. 3. §. 8.

2 Diss. cogitationes quasd. phys. de vita anim. et v plectens. L. B. 1785.

3 De fermentatione c. 5. De febribus cap. 2.

4 De remotis et proximis mixti principiis Cap. 15. 16.

5 Opera medica. 1696. p. 72.

6 Opera omn. 1682. p. 734.

7 Disput. med. Disp. X. §. 54.

8 Novum systema medico-mechanicum. 1701. 4. p. 12.

9 Medic. Bemerk. von einer Ges. zu Edinburg 1752. T 1099.

10 Vergl. Sprengel pragm. Gesch. d. Arzneikunde. Th. schn. 18.

11 Mém. de Paris. 1709.

12 Philos. Trans. N. 464. Ueb. in Hamb. Mag. Th. I. S.

13 Physiologia medica. Jen. 1751. 4. p. 24.

Digitized by Google

ründern ähnlich seyen. Auch Rigby[1] nähert sich die-
e, indem er den Sitz der Gährungen hauptsächlich in
gend des Magens annimmt und somit die Ursache der
erzeugung auf die Mischung des Chylus mit dem Blute
führt. Selbst später noch kam Stahadt[2] auf diese
Meinung von Gährungen und Effervescenzen zurück, als
ysiologen vollkommen überzeugt waren, dafs durch die
ng der Säfte und des Blutes weder Gährung noch Fäul-
steht, so dafs die ganze Hypothese daher keiner weite-
iderlegung bedarf.

16) Stahl[3] will schon seit 1684 die Idee gehegt haben,
e Wärme durch die Respiration in den Lungen erzeugt
, wofür die vollkommen ausgebildeten Lungen bei den
lütigen Thieren, insbesondere den Vögeln, entscheiden.
Verdichtung des Blutes in den Lungen und dadurch ent-
le Erwärmung hatten schon Boerhave, Hales, Ar-
ott u. A. angenommen, setzten aber der unmittelbaren
idung nach voraus, dafs die Luft dasselbe wieder abkühle.
die eigentliche Art, wie durch Athmen Wärme erzeugt
, war man nicht einig, indem nach Priestley[4] die ausge-
e Luft unter die phlogistisirten gehören, mithin Phlogiston
kennstoff aus dem Körper ausführen, nach Scheele[5] die
mmte reine Luft vielmehr Brennbares in den Körper brin-
ollte. Leslie[6] mit mehreren Andern schlofs sich dieser
ng an, mit der Modification, dafs das Phlogiston in allen
Blutgefafsen ausgeschieden und dadurch Wärme erzeugt
. Hierdurch entledige sich, wie man glaubte, der Kör-
r Menge des sonst zerstörend wirkenden Phlogistons,
s durch die Nahrungsmittel in denselben komme.

An Essay on the Theory of the production of animal Heat. 1755.

Mayer's Sammlung phys. Aufsätze, bes. die böhmische Natur-betr. Dresd. 1791.

Theoria medica. p. 288.

Exper. and observ. on different kinds of air. T. I. sect. 4. T. v. 5. Exper. and Observ. relating to various branches of nat. Sect. XXXIX. N. 9.

Chem. Abhandl. von Luft u. Feuer. Ueb. von H. Leonhardi. 1782. 8.

A philos. Inquiry into the cause of animal heat. Lond. and 1778. 8. In Leipz. Samml. Th. II. S. 97.

207) Bei diesen herrschenden, sehr vagen Ansichten
Adair Crawford's[1] Theorie mit grofsem Beifalle aufge
men werden, und ihr Ansehen erhielt sich auch, einiger
ner ungeachtet, sehr lange Zeit. Hiernach verbindet sich
den Lungen die reine Luft mit dem Phlogiston und es
fast der sechste Theil derselben in Wasserdampf, das Ue
in fixe Luft verwandelt. Es ist aber die specifische W
der reinen Luft = 4,75, des Wasserdampfes = 1,5, der
Luft = 1,05, wodurch also ein grofser Ueberschufs von W
dem Blute in den Lungen mitgetheilt werden mufs, be
das Blut diese aufnimmt und sich im Körper verbreitet,
es sie gegen Aufnahme des Phlogistons wieder ab, wo
auch aus der specifischen Wärme des arteriellen und ve
Blutes = 57 zu 55 nach seinen Versuchen an Hunden be
tigte. Die Beständigkeit der Blutwärme erklärte er mit
lie übereinstimmend aus dem durch Verdunstung entste
Verluste, nicht aber mit Blagden[2] aus einer Kälte erz
animalischen Kraft.

208) Diese Theorie, obgleich sehr allgemein mit g
Beifalle aufgenommen, wurde zugleich wechselseitig b
Zuerst machte Morgan[3] Einwendungen gegen die ange
Versuche zur Bestimmung der specifischen Wärme der ver
denen Luftarten, welche allerdings anfangs auffallend ver
angegeben waren. Auch Eduard Fryer[4] zog die R
keit dieser Bestimmungen, welche Crawford selbst sp
zu grofs erkannte, in Zweifel, hauptsächlich aber zeigte
son[5] gegen Dalton[6], welcher diese Theorie abermals
gehoben hatte, dafs nach den Bestimmungen der spec.
der Gase von Laroche und Berard sie ganz unhalt
indem hiernach nicht so viel Wärme entstehen könne,
fordert werde, um die geathmete Luft allein auf die Bl

1 Experiments and Observations on animal heat. Lond. 17
sec. edit. 1788. Versuche u. Beob. über thierische Wärme u
Entzündung brennbarer Körper. Leipz. 1785. 2te verm. Aufl. v
anstaltung des v. Crell. Leipz. 1789. 8.

2 Philos. Trans. T. LXXI. P. II.

3 Crawford a. a. O. Deutsche Uebers. 1785. S. 175.

4 Dissert. de vita anim. et vegetantium. L. B. 1785. 8.

5 Ann. of Philosophy. T. I. p. 461.

6 Manchester Mem. 1813. T. II. p. 434.

Digitized by Google

hoben; Gren[1] aber gründete seine Zweifel darauf, dafs
Theile des Körpers, welche das Phlogiston aufnehmen,
rch in gleichem Grade an Wärmecapacität zunehmen
n, wonach also die ganze Wirkung durch sich selbst
r aufgehoben würde. Er selbst leitete daher anfangs die
lische Wärme aus der Verdauung her, eine Theorie, wel-
unter Andern auch Eduard Rigby[2] aufstellte und mit
Menge aus dem Zusammenhange der Verdauung mit der
gung und Erhaltung der thierischen Wärme leicht auf-
nder Gründe unterstützte. Als Anhänger dieser Hypo-
dürfen auch John Hunter[3] und Hermbstädt[4] genannt
. Nach Letzterem zerlegen die Nahrungsmittel im Ma-
e Wasser, rauben ihm den Sauerstoff und machen da-
Wärme frei. Man kann hiergegen indefs einfach erin-
dafs es hiernach gar keine kaltblütigen Thiere geben
indem der Magen das allgemeinst vorhandene Organ in
hierwelt ist. Auch Dr. Stevenson[5] hegte im Allgemei-
e Meinung, dafs die animalische Wärme aus der Ver-
entspringe, und der berühmte Franklin[6] sagte, das
sowohl, als auch die Luft würden von den Pflanzen
em Wachsthum angezogen, verdichteten sich in ihnen
achten einen Theil ihrer Substanz aus. Bei der Ver-
g und Assimilation ihrer Theile mit dem thierischen Kör-
em sie zur Ernährung gedient hätten, werde beides wie-
ei und theile sich diesem mit. Der so nahe liegende
f, welcher von den fleischfressenden Thieren hergenom-
erden mufs, denen hiernach die aus den vegetabilischen
gsmitteln hervorgehende Wärmequelle fehlen müfste,
hierbei übersehen oder dadurch beseitigt worden zu seyn,
in annahm, es finde im ganzen Körper der grasfressenden

Dessen Journ. der Phys. Th. I, S. 5 u. 189. Später trat der-
r Theorie Lavoisier's bei. S. Syst. Handb. d. Chemie. 1794
4 Bde. 8. Th. II. §. 1674.
Essay on the production of animal heat cet. Lond. 1785. Lich-
s Mag. Th. IV. St. 4. S. 82.
A Treatise on the blood cet. Publ. by E. Home. Lond. 1794.

Plenck Hygrologie d. menschl. Körpers. Ueb. von Davidson.
von Hermbstädt. Berl. 1796. S. 40.
Edinburgh medical Essays. T. V. art. 77.
Exper. and Observations on Electricity. p. 346.

Digitized by Google

Thiere eine stete Wärmeerzeugung statt und gehe v
an die fleischfressenden über. Unbefriedigt läfst glei
Hypothese Castberg's[1], als deren Anhänger Skjeld
mit einiger Beschränkung auch Sprengel[3], Au
und Reil[5] gelten können, wonach die Wärme aus
rungsmitteln durch ihre Verdickung im thierischen K
stehn soll, denn Treviranus[6], welcher diese
Allgemeinen mit Recht bezweifelt, zeigt deutlich,
specieller Beziehung auf den Zustand der Auszehrung
aus unzulässig zu verwerfen sey. Ganz unbefriedig
Mortimer's[7] Hypothese, wonach die stete Verbind
den thierischen Flüssigkeiten enthaltenen Phospho
Luft die animalische Wärme frei machen soll. Ueber
sich leicht zeigen, dafs zwar der Verdauungs – und
tionsprocefs der Nahrungsmittel, als den Lebensproc
gemeinen unterstützend und befördernd, die Erz
normalen Wärme unzweifelhaft bedingt, jedoch nic
zige oder erste Ursache und nur in einem unte
Grade mitwirkend; denn beide Processe sind bei
blütigen Thieren mindestens ebenso stark, als bei
gen, z. B. bei den Larven der Schmetterlinge, we
verdauen und dennoch kalt sind, wogegen die Schmette
bei weniger Nahrung, eine gröfsere Wärme besitzen

209) Unter den Gegnern Crawford's möge
Leop. Vacca Berlinghieri[9] genannt werden, w
Rechnung zeigte, dafs der in der eingeathmeten Lu
Wasserdampf vermöge seiner grofsen Wärmecap
mehr Wärme erfordere, als die gröfsere specifisch
Luft betrage, und zwar in einem solchen Mafse,

1 Rafn's Biblioth. for Physik, Medicin og Oekonom
p. 76.
2 Dissert. de vi frigoris incitante.
3 Instit. med. T. II. p. 121.
4 Handbuch d. Physiologie 1801. Th. I. S. 351.
6 Archiv für Physiol. Th. I. H. 3. S. 100.
6 Biologie. T. V. p. 57.
7 Philosophical Transact. N. 476.
8 Vergl. Rudolphi Physiologie Th. I. S. 191.
9 Esame della teoria del calore del cel. Inglese
Pisa 1787. 4.

Digitized by Google

hr Kälte bis zum Gefrieren des Quecksilbers durch den
ngsprocefs entstehn müsse. Allerdings ist unverkennbar,
RAWFORD's Theorie in dieser ältern Form zur Erklärung
glichen Problems nicht genügt, inzwischen darf nicht
en werden, dafs er der Erste war, welcher der herr-
n Ansicht zuwider aus dem Einathmen der Luft keine
lung, sondern vielmehr eine Wärmeerzeugung ableitete,
spätern Auflage seiner Schrift modificirte er seine Hy-
so, dafs sie sich mehr der antiphlogistischen Theorie
ß, indem er die Ursache der erzeugten Wärme in die
se reine Luft setzte, welche hierbei, wie beim Ver-
und Verkalken, wirke und Phlogiston wegführe.

) LAVOISIER[1] erklärt den Ursprung der thierischen
übereinstimmend mit der nach ihm benannten *anti-
tischen Theorie*. Hiernach ist das Sauerstoffgas der at-
ischen Luft die eigentliche Quelle der erzeugten Wär-
em der Kohlenstoff in den Lungen durch dasselbe ge-
wird und also gleichsam verbrennt. Um diesen Satz
Versuche zu prüfen, mafs er in Verbindung mit LA-
vermittelst seines Calorimeters die Wärme, welche ein
weinchen während der Erzeugung von 224 Gr. koh-
n Gases abgab, verglich sie mit der durch Verbrennung
hle bis zur Bildung einer gleichen Quantität Kohlen-
vorgebrachten und fand, dafs jene 13 Unzen Eis, diese
nur 10,4 schmolz. Man darf also mit Rücksicht auf
genden Nebenumstände annehmen, dafs durch diese
und die seitdem bestimmt ausgemittelten Gesetze
rennung die Quelle der thierischen Wärme aufgefun-
insbesondere wenn man dasjenige berücksichtigt, was
r Wärmeerzeugung durch Chemismus beigebracht wor-
Als einen vorzüglichen Beweis für die Richtigkeit dieser
se hat man oft die gröfsere Röthe des arteriellen Blutes
eichung mit dem venösen angeführt, wodurch ein hö-
ad der Säuerung dargethan würde. Mit Uebergehung

ém. de l'Acad. 1777. p. 590.
rgl. KLÜGEL's Encyklop. Th. II. S. 471. GIRTANNER in Journ.
1790. Juin. p. 422. Ueb. in Gren's Journ. d. Phys. Th. III.
507. Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl.
86 ff.

mancher früherer Behauptungen mag es genügen, die Re
der genauen Untersuchungen John Davy's[1] über diese
genstand hier zu erwähnen. Dieser fand erstlich keine
sentlichen Unterschied der Wärme des Venen- und de
rienblutes, aufser was vom specif. Gewichte herrührt.
schen ist das Arterienblut etwas wärmer, und auch d
Seite des Herzens mehr als die rechte. Zweitens abe
die Temperatur mit der Entfernung vom Herzen ab. D
ist er mit Black der Ansicht, dafs die Wärme in den
erzeugt werde.

211) Diese im Wesentlichen genügende Theorie
ihrer Bekanntwerdung mit verschiedenen bald mehr bal
bedeutenden, mitunter ganz nichtigen Gründen bestritten
Einige setzten ihr entgegen, dafs die Häute der Lu
Luft undurchdringlich seyen und das Sauerstoffgas
nicht zum Blute gelangen könne. Inzwischen drin
Gas bekanntlich selbst durch die dicksten Rindsblasen
mehr also durch die dünnen Häutchen der Lungen.
indefs eine ganz falsche Vorstellung, wenn man di
gleichsam als den Heerd der Verbrennung und die
entstehende Wärme als unmittelbares Product dieses
betrachtet. Vielmehr hat van Mons[3] gründlich ge
das Sauerstoffgas zwar dem Blute in den Lungen
werde, die Zersetzung desselben aber in den feinen
des ganzen Körpers geschehe[4]. Hiernach hält er die
Wärme für ein Product der Lebensthätigkeit und
dieser letztern allezeit proportional, welches mit
G. F. Parrot's[5] übereinstimmt, dafs das Fieber
erregender Procefs sey und die Temperatur auch w
höhe. Noch mehr modificirt und näher bestimmt ist
sicht durch Madai[6], Darwin[7] und vorzüglich Hild

1 Philos. Trans. 1814. p. 590.

2 Vergl. *Adhäsion*. Bd. I. S. 200.

3 Théorie de la combustion. Brux. 1802. p. 77. Jou
T. LXVIII. p. 121.

4 Vergl. Brandis über die Lebenskraft. S. 74.

5 Ueber den Einfluſs der Physik u. Chemie auf die
Dorpat 1807. 4.

6 Reil Archiv für die Physiol. Th. III. S. 110.

7 Ebendaselbst. S. 26.

8 Lehrbuch d. Physiologie. 2te Aufl. §. 530.

Digitized by Google

dichem Letzteren insbesondere alle aus dem Blute gebil-
tere Theile mehr Sauerstoff enthalten, als das Blut selbst,
also hiernach durch alle feste Theile dem Blute Sauer-
tragen, seine Capacität dadurch vermindert und somit
me vermehrt wird. Hiernach ist es unzulässig, die
der erzeugten Wärme nach CRAWFORD und SUCKOW[1]
die specifische Wärme des verzehrten Sauerstoffgases
gebildeten Kohlensäure zurückzuführen. Nach Letzterem
eziehung auf das Volumen die specifische Wärme des
fgases = 4,749 und des kohlensauren Gases = 1,045,
also bei der neuen Verbindung ein Ueberschuſs von
iben würde, allein nach den genauern Bestimmungen
LA ROCHE und BERARD[2] sind diese, das Volumen
n, = 0,9765 und 1,2583, so daſs also vielmehr Kälte
nifste. Diese Betrachtungen haben auch verschiedene
z. B. LE GALLOIS[3], BUNTZEN[4], NASSE[5] und Andere
diese sonst gangbare Theorie zu bezweifeln; allein
durchaus kein genügender Grund vorhanden, da oben
sen worden ist, daſs sich die durch Verbrennungspro-
ugte Wärme nicht allezeit aus den specifischen Wär-
ten der verzehrten Gase, namentlich des Sauerstoff-
ten läſst, und dennoch ist auf keine Weite zu be-
daſs die freiwerdende Wärme ein Erzeugniſs der
ng sey, letztere gehört aber ebenso gewiſs unter die
chemischen Verbindungen, deren viele, ja wohl die
leichfalls Wärme erzeugen. Sofern daher die Säue-
lutes durch das Athmen die auffallendste Aehnlich-
nem langsamen Verbrennen hat, die Functionen des
Lebens aber sich zum groſsen Theile auf Chemis-
führen lassen, so müssen wir um so mehr in der
r Kohlensäure aus dem geathmeten Sauerstoffgas und
Chemismus gehörigen Functionen des thierischen Or-

---

ngsgründe der Physik u. Chemie nach den neuesten Ent-
I Th. 8. Th. 1. S. 365.
n. de Physique T. LXXVI. p. 155. Vergl. unten §. 386.
ang est-il identique dans tous les vaisseaux qu'il par-
. 1802. p. 44.
rag zu einer künftigen Physiologie. Kopenhagen 1805.

's u. Autenrieth's Archiv. Th. XII. S. 409.

ganismus die Ursache der thierischen Wärme suchen, i
diese bei den verschiedenen Thierclassen, bei einzelne
viduen und in verschiedenen Zuständen der Intensität
Processe proportional ist[1].

212) Im Allgemeinen wurde diese Theorie von de
siologen angenommen; inzwischen müssen wir noch ein
dificationen erwähnen, wodurch einige dieselbe verän
scheinbar oder wirklich verworfen haben. Gleichze
Lavoisier stellte Dr. Peart[2] seine Theorie auf, wo
Phlogiston und ein gewisser Aether sich mit der fixen
auf vielfache Weise verbinden und dadurch sowohl
als auch Bewegung erzeugen sollen, wobei er annah
das Phlogiston den Nerven, der Aether aber dem Blu
höre. Gehaltreicher, obgleich nichts weniger als genü
wegen der Darstellung in der Sprache der damals
sogenannten Naturphilosophie, ist die durch Buntzen
stellte Hypothese. Nach ungenügenden Versuchen
Einflufs galvanischer Reize auf die Muskelbewegung
durch scheinbar entbundene Wärme will er den Urs
letzteren aus einer erhöhten Thätigkeit der Muskelkra
Animalien, verbunden mit gleichzeitiger Einwirkung
scher Kräfte, ableiten, was aber im Ganzen auf ein
eingebildeten elektrischen Wirkungen hinausläuft. Au
Metherie[4] ist geneigt, der Muskelbewegung einen A
der Erzeugung der thierischen Wärme beizulegen, d
doch der Hauptsache nach auf einen Verbrennungsp
der Art zurückführt, dafs sie durch die Verbindung
serstoffs mit dem Sauerstoff erzeugt werde, wie denn a
gewöhnlichen Verbrennen die erzeugte Hitze aus dem
stoff entstehe, welcher nach den Versuchen von De l
und Berard eine so grofse specifische Wärmecapaci

1 Vergl. Rudolphi Physiologie Th. I. S. 189. De la ch
male et de ses divers rapports. Par F. Josse de Rennes. P
8. Everard Home über die Structur d. Lungen in Philos. T
p. 60.

2 The generation of animal Heat investigated. Ga
1788. 8.

4 Beitrag zu einer künftigen Physiologie. Kopenh. 1805.
G. XXV. 147.

4 Journ. de Phys. LXVI. p. 142 u. 278.

Digitized by Google

...chen ist die Erzeugung von Wasser im thierischen Kör... ...durch einen Verbrennungsprocefs dieser Art gar nicht nach... ...und bei einer grofsen Menge von Verbrennungen ...stoff gar nicht vorhanden. Mit Uebergehung der Hy... ...von De la Rive und Chossat[1] mögen noch die ...Matteucci's[2] erwähnt werden. Dieser verwirft die ...De la Rive's, wonach die Wärmeentwickelung in ...Nerven auf gleiche Art geschehn soll, als im Rheophore, ...hierzu genügende elektrische Strömung in den Ner... ...nicht vorhanden sey; auch genügt ihm nicht, dafs ...die Erzeugung der thierischen Wärme von der Ner... ...thätigkeit ableitet. Um durch Versuche zu entscheiden, ...ein feines Thermometer in den Schenkelmuskel eines ...Thiers, nachdem er die dahin führenden Arterien und Ve... ...verbunden hatte, ohne Unterbrechung der Nerven. Bei ...dieser Temperatur zeigte das Thermometer 36°,3, ging ...einer halben Stunde auf 25° herab. In Folge eines ...verschiedenen Richtungen durchgeleiteten elektrischen Stro... ...zeigten sich Muskelcontractionen, aber die Temperatur ...dennoch bis etwa 1° über die der Umgebung. Bei einem ...Kaninchen durchschnitt er den Crural- und Ischiati... ...Nerv, liefs aber den Blutumlauf frei, worauf das Ther... ...binnen 15 Minuten nur um 1° herabging und dann ...stehen blieb. Hiernach schliefst er die Mitwirkung der ...Nerven aus, leitet dagegen die Wärme aus dem Blute ab, be... ...sich dabei aber auf Pouillet's erwähnte Erfahrungen ...über, wonach durch Benetzung lockerer Substanzen Wärme ...frei wird. Er selbst pulverisirte animalische Theile, fand diese ...Angaben bestätigt, und glaubte daher, dafs die thierische ...Wärme durch die im ganzen Körper vorgehende Nutrition als ...physikalischer und chemischer Procefs erzeugt werde, ...wenn deswegen in diesem Sinne unmöglich ist, weil die ...entstehenden Theile nicht trocken sind.

213) Grofses Aufsehn machte seiner Zeit eine Reihe von ...Heilungen, wozu hauptsächlich Brodie Veranlassung gab.

---

[1] Biblioth. univ. T. XV. p. 37.

[2] Quetelet Corresp. math. et phys. T. VIII. p. 223. Vergl. L'In... ...1834. N. 69.

Schon früher hatten Brandis[1] und Roose[2] die Entstel
thierischen Wärme auf die Nerventhätigkeit zurück
gesucht, und noch bestimmter geschah dieses durch B.
die[3]. Dieser fand, dafs bei einem Kaninchen nach g
Nerven bei künstlich unterhaltener Respiration keine
entbunden werde, und er betrachtete sonach die Ne
alleinige Ursache der thierischen Wärme, ohne jedoch
sammenhang zwischen Ursache und Wirkung nach
Er selbst und seine Anhänger übersahn hierbei die
vor Augen liegende Täuschung, dafs nämlich der Pr
Respiration mit der Wirkung derselben, nämlich der Wär
gung, verwechselt worden sey, und dafs die letztere u
eine Folge des mechanischen Ein- und Ausströmens
seyn könne, sondern des Chemismus der verschiede
bindungen und Zersetzungen, welche zugleich damit v
seyn müssen. Wäre dieses nicht, so müfste auch W
einem todten Thiere erregt werden, wenn man dur
pression abwechselnd Luft in seine Lungen prefste un
herausdrückte. Dafs übrigens ein Causalzusammenha
schen der Respiration und dem Gehirn statt finde, wu
schon lange, namentlich durch Blumenbach[4].

214) Inzwischen wurde von mehreren Seiten w
dafs die Respiration vom Gehirne abhänge, mit der n
weniger bestimmten Andeutung, dafs sonach auch d
sche Wärme ein Product der Nerventhätigkeit sey[5].
sich blofs um die Bewegung handelt, welche den At
procefs bedingt, zeigt eine lange und schöne Reihe v
suchen, die Le Gallois[6] anstellte, evident, dafs das
eine Wirkung der Nerventhätigkeit sey, und dafs
Aufhören der letzteren auch die Wärme abnehme, wel
den Resultaten anderer, durch Dupuytren, Blainv

1 Journ. d. Erfindungen u. s. w. in Natur- und Arznei
S. 8.

2 Ueber die Lebenskraft. S. 359.

3 Philos. Trans. 1810. p. 86. 1812. P. II. G. LXVI. 8

4 Comm. Soc. Reg. Gott. T. VIII. Vergl. dessen Ins
physiol. Gott. 1787. ed. 3. ib. 1810.

5 Die Respiration, als vom Gehirn abhängige Bewegun
von Bartels. Bresl. 1813.

6 Expériences sur le principe de la Vie. p. 248.

ls angestellter Versuche[1] genau übereinstimmt. Sehr richtig aber Emmert[2], dafs Brodie das Haupterfordernifs, ch eine Untersuchung der chemischen Veränderung der sich geathmeten Luftarten, gänzlich vernachlässigt habe; selbst will gefunden haben, dafs sogar nach dem Tode künstliche Respiration noch einige Wärme erzeugt werde, ch noch eine geringe Zersetzung der geathmeten Luft statt . Mehrere Gelehrte machten bei ihren Untersuchungen die Athmen auf die Menge der erzeugten Kohlensäure ie hieraus hervorgehende unverkennbare Aehnlichkeit des ngsprocesses mit einem wirklichen Verbrennen aufmerk- z. B. Thomson[3], Prout[4] und Andere. Indem dann ferrovençal[5] zeigte, wie die Wärme bei verminderter ation abnimmt, und John Davy aus seinen oben erten Versuchen folgerte, dafs die Wärme zunächst in den n erzeugt und von hier aus durch den ganzen Körper ret werde, so mufste Lavoisier's Théorie gehörig modurch dieses alles sehr an Ansehn gewinnen. Am gedsten und vollständigsten ist indefs die ganze Aufgabe t worden durch eine Reihe ebenso zweckmäfsiger als genauer che von Le Gallois[6], woraus sich ergiebt, dafs die erWärme allezeit der Menge des verzehrten Sauerstoffgases rtional ist, welche mit der gröfsern oder geringern Munt, dem Wohlseyn und überhaupt der Lebensthätigkeit der e in verschiedenen Zeiten wechselt und im Allgemeinen röfse derselben in einem nahen Verhältnisse steht, ohne Gewichte genau proportional zu seyn. Sonach läfst ie thierische Wärme allerdings als eine Wirkung der ation betrachten und gehört unter die Classe der Vergen, modificirt durch die Eigenthümlichkeiten des Leocesses. Dafs dabei die Nerventhätigkeit, welche auf den n Organismus und die Respiration selbst einen so grofsen ls hat, bedingend einwirke, dafs auch nachtheilige Ner-

[1] Mém. de l'Inst. T. XII. LXXX.
[2] Hufeland und Harles Journ. d. prakt. Heilkunde 1815. St. 3.
[3] Annals of Philos. 1815. Jun. N. XXX. art. 4.
[4] Schweigger's Journ. Th. XV. S. 56.
[5] Mém. de l'Instit. T. X. p. 86
[6] Ann. de Chim. et Phys. T. IV. p. 1.

Digitized by Google

venaffectionen die Wärme herabstimmen können, ist bezweifeln; als einzige und unmittelbare Wirkung d kann aber die Erzeugung der thierischen Wärme s wegen nicht betrachtet werden, weil kein Verhältniſs vensystems zur Wärme vorhanden ist. Hiernach mü lich der Mensch die gröfste Wärme haben, die S müfsten den Vögeln voranstehn, und diese sich wenig Amphibien unterscheiden, die Insecten endlich tief Fischen stehn, alles der Erfahrung widerstreitend[1]. wird diese Ansicht noch von einigen Physiologen genommen, indem sie entweder die Nerventhätigkeit u als unmittelbare Ursache der thierischen Wärme darst sie als eine mittelbare betrachten, wie z. B. P. Wi LIP[2], nach dessen Meinung die Wärme durch den E Nerven auf das Blut entsteht und nach der Analog Absonderungen von Flüssigkeiten gleichfalls als eine rung erscheint.

215) Einen nicht unwichtigen Beitrag zur Bestät LAVOISIER's Hypothese haben DULONG und PETIT Durch Versuche mit einem Calorimeter fanden sie: pflanzenfressenden Thiere viele Kohlensäure erzeuge beinahe der Menge des verzehrten Sauerstoffgases glei Fleischfressende Thiere verzehren weit mehr Sauersto erzeugte Kohlensäure beträgt aber nur etwa die Hälft zehrten Sauerstoffgases. 3) Bei diesem letzteren beträg verzehrtes Sauerstoffgas und erzeugte Kohlensäure e Wärme, wenn wir sie als bloſses Product der Ve betrachten, 40, 49 und 55 Procent der gesammten schen Wärme, 4) bei den pflanzenfressenden Thiere bis 75 Procent. 5) Wenn man nach LAVOISIER und die durch Wasserbildung erzeugte Wärme zu der du lensäurebildung hervorgebrachten addirt, so erhält Summe der durch Athmung erzeugten, die bei den H

1 RUDOLPHI Physiologie. Th. I. S. 189. TREVIRANUS Bio V. S. 1. JOHN DAVY in Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII.

2 Eine auf Versuche gegründete Untersuchung über di und Functionen d. Lebens u. s. w. Aus d. Franz. von Sc Stuttg. 1822. 8. Cap. 8.

3 Schweigger's Journ. Th. XXXVIII. S. 505. Th. XLV.

Digitized by Google

Procent, bei den Carnivoren 75 bis 80 Procent der thierischen Wärme beträgt; der Rest mufs also tige organische Processe entwickelt werden.

Noch mufs zum Beschlusse die Preisschrift erwähnt rin Despretz[1] diesen Gegenstand ausführlich be- und wofür er 1823 den Preis vom Nationalinsti- Seine eigenen Bestimmungen der mittleren Tem- verschiedenen Animalien sind von keinem vorzüg- the und scheinen insgesammt etwas hoch, nament- ie des Hundes, wie oben bereits bemerkt wurde. ollständigkeit wegen mögen daher einige hier Platz

	Mittlere Temperatur:
Menschen zwischen 30 bis 68 Jahren	37°,13
— von 18 Jahren	36,99
Kinder von 1 bis 2 Tagen	35,06
achsene Raben	42,91
Nachteulen	40,91
ze, Männchen und Weibchen . . .	41,47
ben	42,98
ding	41,96
ze	39,78
erschweinchen	35,76
ei Karpfen im Wasser von 10°,83 .	11,69

eren Erörterung der Aufgabe wählte er das schon von a und Laplace angewandte Mittel, die durch Thiere h verbrennende Kohlen bei gleicher Production von re erzeugten Wärmemengen zu vergleichen, wobei er Wassercalorimeters bediente. Der zu verbrennende ff wurde aus verkohltem, ganz weifsem Zucker ge- und enthielt durchaus keinen Wasserstoff. Aus mehr Versuchen ging das Resultat hervor, dafs die Respira- die Erzeugung der Kohlensäure durch Absorption des gases der Luft die hauptsächlichste Quelle der thie- Wärme ist, indem die Assimilation, die Bewegung des nd die Reibung der verschiedenen Theile(?) den ge- gen zurückbleibenden Rest ersetzen können. Es wird

[1] an. de Chim. et Phys. T. XXVI. p. 337.

indefs aufser dem zur Bildung der Kohlensäure
Sauerstoffgas noch eine Quantität desselben verzehrt,
eine nicht unbedeutende im Verhältnifs zur ersten,
man glaubt, sie verbinde sich mit dem Wasserstoff des
Die durch die Respiration als Verbrennungsprocefs
Wärmeproduction betrug nie weniger als 0,7 der
thierischen Wärme und dieses nur bei jungen Individuen
überstieg aber nie 0,9 derselben.

217) Fassen wir das Ganze zusammen, so erg
dafs die richtige Theorie über die Erzeugung der
Wärme von Crawford geahnet, durch Lavoisier
place begründet, durch Dulong und Petit, so
Despretz und Andere nur bestätigt und etwas erweitert
indem sie zeigten, dafs der in den Lungen statt findende
brennungsprocefs nicht die einzige Ursache sey, sonde
die im ganzen Körper statt findenden Assimilationsproces
gleich als mitwirkend erscheinen müssen. Aus dem U
dafs nicht übereinstimmend mit sonstigen Verbrennung
sen die durch den animalischen erzeugte Wärme ei
constante und nur unbedeutend wechselnde Gröfse ist,
kein Einwurf gegen die Richtigkeit der Theorie herge
werden, denn dieses ist Folge des feinern Lebensproces
um so weniger zweifelhaft seyn kann, als sich in
Stücken nachweisen läfst; inwiefern die gesteigerte oder
mirte Lebensthätigkeit die Wärmeproduction modificirt,
ber wir hier aber nicht ausführlicher handeln können[1].

5) Wärmeerzeugung durch Elektricit

Da die Elektricität in einen hell leuchtenden Funke
bricht, in feurigen Strahlen aus dem Conductor strömt,
schiedene Körper durch den einfachen Funken entzünd
durch den Flaschenschlag Metall verbrennt, so war es
dafs man ihr eine wärmeerregende Kraft beilegte. Inzw
sind die Phänomene, welche sie zeigt, keineswegs so e
als man hiernach vermuthen sollte, denn unter andern

1 Eine schätzbare Zusammenstellung der meisten bis da
kannten Thatsachen ist enthalten in: De calore animali co
Leo. Raphaelowicz Gruesberg. 1820. 4.

ifunken, welcher die strengflüssigsten Metalle sofort verwandelt, weder Zündschwamm noch Schiefspul- zünden. Es ist daher in Beziehung auf die Theorie e von grofser Wichtigkeit, die Thatsachen zuvor örtern[1].

h Gemäfsheit der angegebenen, bei der allmälig den Bearbeitung der Elektricitätslehre sehr bald be- rdenen Thatsachen war man geneigt, das elektrische h an sich erwärmend zu betrachten, und dieses mag en Erfahrungen zufolge auch allerdings wohl der wenn gleich in manchen Fällen die Masse, welcher mitgetheilt wird, so grofs und die erregende Wär- ng ist, dafs man sie thermoskopisch wahrzunehmen ng. Letzteres ist namentlich der Fall bei elektrisir- n, an denen man nach den Versuchen von Van keine Erhöhung der Temperatur wahrnimmt. Einen Beitrag zur Entscheidung dieser Frage lieferten die mit Kinnersley's *Lufthermometer*[3], aus denen man dafs die Elektricität nicht allgemein, sondern nur me erregt, wenn sie Widerstand findet. Zu bewun- dafs, dafs man auf diese, mit so grofser Sorgfalt n Versuche so wenig geachtet hat, denn sie verdien- mit der ganzen, gegenwärtig üblichen Ge- wiederholt zu werden, um auszumitteln, ob wirklich en genügender Leitung der Elektricität keine Wär- e entbunden wird. Gewifs ist, dafs weder ein meter noch ein Quecksilberthermometer, deren Ku- elektrischen Conductor berühren, eine Erhöhung der r zeigen, auch selbst ein Quecksilberthermometer, in gel ein Stahlstift eingeschmolzen ist, und ein ande- ssen Kugel zwei einander gegenüber stehende Platin-

---

n hier nicht darauf abgesehn ist, alle zur Wärmeerregung tricität gehörigen Phänomene vollständig mitzutheilen, so auf Fechner in: Lehrbuch d. Experimentalphysik. Leipz. II. S. 266 über die Erhitzung durch Reibungselektricität III. S. 304 über Wärmeerscheinungen der Kette, wo die sehr vollständig zu finden sind.

§. I. 83.

Art. *Lufthermometer.* Bd. VI. S. 620. Philos. Trans. 1763.

drähte eingeschmolzen sind, zeigen ersteres beim Ei
der Elektricität aus einem geladenen Conductor, letzte
Durchströmen der Elektricität aus demselben die min
höhung der Wärme, was jedoch die Folge der Schw
elektrischen Stromes und der ungenügenden Empfindlic
Thermometer seyn mag. Dennoch entzündet ein klei
trischer Funke das Knallgas, wie die *elektrische Lam*
die *elektrische Pistole*[2] zeigen. Durch einen Funke
ner Flasche von nur etwas mehr als einem Quadratf
gung läfst sich Hexenmehl oder Kolophoniumpulver
nannten *Donnerhaus*[3] entzünden; Aether, Alkohol
pentinspiritus, die beiden letztern nach Erwärmung,
durch einen in sie schlagenden oder aus ihnen gezog
fachen Funken in Brand; legt man auf einen elektrisc
ductor einige Brocken Kampher und entzündet diese,
eine genäherte Spitze durch den erregten Wind di
aus, der elektrische Funke aber aus einer genäherte
Kugel bringt sie wieder hervor; ein Stückchen Phosp
lich, an einer Kugel klebend und dem ersten Cond
nähert, entzündet sich augenblicklich. Am intere
unter den bekannten Versuchen ist, dafs der stärkste
funke, durch Schiefspulver geleitet, dasselbe zerstreue
nur dann entzündet, wenn die vollständige Leitung
nen nassen Bindfaden oder eine mit Wasser gefüllte
die man in den leitenden Draht einschaltet, gehen
wie nicht minder, dafs die Spitze eines abgerissenen S
Schwamm, die man auch mit den Fingern etwas zu
drehn kann, sich entzündet, wenn man sie dem Kn
schwach geladenen Batterie oder selbst der Hand
der Zunge einer mit der innern Belegung der Batterie
denen isolirten Person nähert, wobei letztere an der
Stelle keine merkliche Hitze empfindet. Nehmen wir
Verbrennen der Metalle durch den Batteriefunken, das
der Metalldrähte im Kreise mächtiger Calorimotoren[4],

1 S. Art. *Lampe, elektr.* Bd. VI. S. 75.

2 S. Art. *Pistole, elektr.* Bd. VII. S. 573.

3 S. Art. *Donnerhaus.* Bd. II. S. 578.

4 Ueber die Anwendung dieses Mittels zur Entzünd
Schiefspulvers in Minen oder beim Steinsprengen s. Sixth
the British Association. Lond. 1837. p. 45.

Digitized by Google

der Metalle und namentlich des Quecksilbers im hy-
trischen, thermoelektrischen und magnetoelektrischen
, so läſst sich die Wärmeerzeugung durch die elek-
Ströme jeder Art, wenn sie von hinlänglicher Stärke
gar nicht bezweifeln, und die Frage ist nur, ob al-
eine dem elektrischen Strome proportionale Wärme auch
erzeugt wird, wenn eine hinlängliche Leitung vorhan-
ist.

219) Zuerst scheint es allerdings, als ob der Widerstand
die freie elektrische Strömung ihre Wärmeerregung ver-
; denn wenn man mit dem einen Platindrahte des eben
Thermometers den Conductor einer Maschine, die
Funken giebt, berührt und dem andern Platin-
einen metallenen Leiter auf eine halbe bis 2 Lin. nä-
so bewirkt das anhaltende Durchströmen der Elektricität
merkliches Steigen des Quecksilbers, Adams[1] dagegen
Kairne[2] hielt ein bloſses Thermometer in den elektri-
Strom zwischen zwei hölzerne Kugeln und sah dadurch
Thermometer von 18°,33 bis 43°,33 steigen, und Van
[3] sogar von 7°,22 bis 66°,66 C. Inzwischen gilt dieser
nicht in der Ausdehnung, daſs die Erwärmung der Gröſse
Widerstandes direct proportional zu nehmen wäre, wie
daraus von selbst hervorgeht, daſs der Leitungswider-
die Menge der durchströmenden Elektricität vermindert
mit also die wirkende Ursache kleiner macht. Die neue-
mit gehöriger Umsicht angestellten Versuche haben auch
dieses Problem des gehörige Licht verbreitet. Aus diesen
hervor, daſs mächtige elektrische Ströme, durch groſse
Mutatoren erzeugt, eine Hitze geben, welche der des
Gebläses nahe kommt[4]. Wärmeerregung durch starke
der Reibungs- und Hydroelektricität war also schon seit
Zeit als unbestreitbare Thatsache anerkannt worden; daſs
magnetoelektrische Strom die nämliche Wirkung äuſsere,
die Funken der verbrennenden Metalle, die man
denselben erhält, noch auffallender und unbestreitbarer

1 Essay on Electricity. 2d. ed. Lond. 1785. p. 384.
2 Ann. of Philos. T. XX. p. 336.
3 Gren's neues Journ. d. Phys. Th. III. S. 7.
4 Vergl. G. LV. 118.

aber entscheidet hierfür das fortwährende Glühen ein
Platindrahts, welcher in den Rheophor dieses Strom
schaltet ist, nach v. Ettingshausen[1]. Vom therm
schen Strome läfst sich das Nämliche aus dem Fun
verbrennenden Quecksilbers beim Oeffnen der Kette
allein dagegen würde die Einwendung gelten, dafs di
kung nicht vom ursprünglichen thermoelektrischen, son
Inductionsstrome herrühre. Inwischen hat Watkins[2]
telst eines Breguet'schen Metallthermometers und ei
Harris's Angabe verfertigten Luftthermometers neuer
funden, dafs auch der Leitungsdraht einer thermoel
Säule von hinlänglicher Stärke unverkennbar Wärme
det[3]. Somit wäre also erwiesen, dafs alle elektrisch
die Kraft besitzen, Wärme zu entbinden, und wenn
manchen älteren Versuchen nicht wahrgenommen wur
die Ursache in ihrer geringen Menge und der Unvol
heit der angewandten Thermoskope. Sofern aber geni
wiesen worden ist, dafs alle elektrische Ströme, wel
sprungs sie auch seyn mögen, einiger Modificationen
tet dem Wesen nach identisch sind, so reducirt sich
gabe darauf, die Bedingungen aufzufinden, durch w
unter welchen Wärme durch elektrische Ströme e
wird, und die bei einer Art der elektrischen Strömu
gefundenen Gesetze werden dann auf alle gleichmäfsig
bar seyn.

220) Verschiedene lehrreiche Versuche über die
erregung durch den elektrischen Strom einer Volta'sch
hat De la Rive[4] bekannt gemacht. Hierbei fand er
durch H. Davy mit Children's Apparate erhaltene

1 Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher
in Prag 1837. S. 283.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXXXVI. p. 81. Pog
Ann. XLVI. 496.

3 Die Anwendung eines solchen Metallthermometers
Zweck ist nicht geeignet, weil die Elektricität aufser dem
den noch einen andern Einfluss auf das Volumen der durc
Metalle ausübt. §. 227. Nach v. Marum verkürzte sich ein
ger Draht durch einen elektr. Schlag um 0,25 Z. Aehnliche
erhielt Naimbe. S. Lichtenberg Mag. Th. I. St. 2. S. 22.

4 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Genè
p. 123.

Digitized by Google

...t, daſs gleiche elektrische Ströme in gleich dicken und ...ngen Drähten um so mehr Wärme erregen, je besser ...ten, und daſs z. B. in einem aus Stücken von Silber ...n zusammengesetzten Drahte bloſs das Platin und nicht ...er erglüht, daſs ferner bei Schwächung des Stromes ...n nur die Enden des Platins und bei einer Kette aus ...n Drahtstücken nur die Stellen der Einhängung über... ...er stärker erglühn. Nach Peltier[1] steht die Länge ...ebenden oder erhitzten Drahtes im hydroelektrischen ...mit seiner magnetischen Kraft und also mit der Intensität ...leiteten Elektricität im genauesten Zusammenhange der ...ein Draht von gegebener Dicke und Länge, welcher ...kung der Thermometernadel von 20° bewirkt und ...peraturerhöhung von 10° erhalten hat, bei mehrern ...Länge gleichfalls 10° Wärme annehmen wird, sobald ...so weit verstärkt ist, daſs die Ablenkung der Ma... ...wieder 20° beträgt. Bei gleicher Intensität des elek... ...Stromes erhält also ein Draht in seiner ganzen Länge ...Temperaturerhöhung, wie groſs auch seine Länge bei ...ter Dicke seyn mag, selbst auch wenn seine Enden ...alte Flüssigkeit getaucht sind. Ein anderes Resultat, ...e Temperatur eines gegebenen Drahtes, mittelst der ...es thermoelektrischen Thermometers gemessen, im ...Verhältniſs steigt, wenn die Ablenkung der Magnet... ...s Doppelte der Grade wächst, schien ihm mit der ...sonstiger Wärmequellen nicht übereinzustimmen; er ...e daher diese Versuche[2], fand aber dasselbe bestä... ...nach ist es daher als ausgemacht anzusehn, daſs ...oelektrischen, thermoelektrischen und hydroelektri... ...e eine ihrer Intensität nach einem gewissen, hier... ...noch nicht völlig ausgemachten Gesetze proportionale ...regen.

In Beziehung auf den Strom aus einer Leidener Fla... ...vorliegende Frage durch eine lange Reihe schätz... ...sehr gründlich und vollständig beantwortet worden, ...erlaubt seyn, aus den angegebenen Gründen die

...de Chim. et Phys. T. LVI. p. 371. Poggendorff's Ann.

...de Chim. et Phys. T. LXXI. p. 301.

Digitized by Google

hierdurch gefundenen Gesetze auch auf die andern Strö
zuwenden. Zuerst hat Ohm[1] aus dem von ihm aufge
nen Gesetze der elektrischen Strömungen einen allge
Ausdruck für das Gesetz des Erglühens der Rheophore
leitet. Unter der Voraussetzung, dafs die Intensität d
glühens eines in der elektrischen Kette befindlichen Lei
Intensität des ihn durchlaufenden Stromes direct propo
ist, aufserdem aber durch die Natur dieses Leiters beding
erhält man

$$G = \frac{I}{x},$$

worin G die Stärke des Erglühns, I die Intensität de
schen Stromes und x den Glühungscoefficienten
welcher dem Leitungsvermögen, und sofern dieses
glühn hindert, der Glühkraft umgekehrt proportional
kann aber

$$I = \frac{A}{(L+\mathcal{A})\omega}$$

gesetzt werden, wenn A die elektromotorische Kraft d
parates, L den Leitungswiderstand des nicht erglühen
aber den des erglühenden Theiles und ω den Quersch
zeichnet. Wird dann endlich der Leitungswiderstand
glühenden Theiles $\mathcal{A} = \frac{1}{k\omega}$ ausgedrückt, worin k d
tungsvermögen und l die Länge bezeichnet, so erh
durch Substitution die von Ohm gegebene Formel

$$G = \frac{A}{\left(L\omega + \frac{l}{k}\right)x},$$

deren Coefficienten k und x, obgleich von einander u
dennoch vielseitig bedingt, durch Versuche für die e
Körper auszumitteln sind.

Insbesondere hat Riess in mehreren gediegenen A
lungen die Resultate seiner schätzbaren Versuche über
wärmende Kraft der Flaschenschläge bekannt gemacht
Messen der Temperatur bediente er sich eines *Luf*

1 Kastner's Archiv. Th. XVI. S. I. Fechner's Repert. S. 466.

Digitized by Google

s[1], welches dem von HARRIS[2] für ähnliche Zwecke an-
ndten ähnlich war; sofern aber dasselbe nach den jedes-
n Zwecken verschieden modificirt werden kann, wird
llgemeine Beschreibung genügen[3]. Eine fast 3 Z. weite Fig.
ugel war an zwei einander diametral gegenüberstehenden 46.
n durchbohrt und mit messingnen Hülsen a a' versehn,
lle jedesmal in Anwendung zu bringenden Drähte durch
ugel zu führen, anzuspannen und die Kugel mittelst
n wieder luftdicht zu verschliefsen. An einer dritten, mit
nden genannten in einem gröfsten Kreise liegenden, 90°
nem abstehenden Stelle war die Kugel gleichfalls durch-
nd mit einer Fassung versehn, die durch einen genau
chliffenen Stöpsel b schnell verschlossen und geöffnet
konnte. Unten endete die Kugel in eine mehrere Zoll
0,45 Lin. weite Glasröhre, deren anderes Ende mit ei-
ngebogenen weitern Gefäfse c versehn war, um irgend
die Luft absperrende, Flüssigkeit hineinzubringen. Die
nebst der Kugel ruht auf einem Brete mit einer Scale,
n der Ausdehnung der Luft die erzeugte Wärme zu
, wobei man die Vorrichtung so trifft, dafs das Bret
Scale um einige Grade gegen den Horizont geneigt
kann. Es versteht sich von selbst, dafs die vermittelst
Apparates gefundenen Werthe gehörig corrigirt werden
s was in der Abhandlung genügend erörtert worden ist,
es hier nicht darauf ankommt, die erhaltenen Resultate
zu würdigen, so genügt es, nur die Hauptsachen an-
. Für die Erwärmung eines Platindrahtes, durch wel-
n Flaschenfunke geleitet wurde, ist wichtig zu bemer-
fs gar keine Erwärmung statt fand, wenn der Lei-
gen durch einen kleinen Cylinder von feuchtem Holze
chen wurde, im entgegengesetzten Falle aber war bei
von gleicher Dicke die erzeugte Wärme dem Producte
ntität in die Dichtigkeit der angehäuften Elektricität
mal, bei Drähten von gleicher Länge und ungleicher

---

eschrieben und durch Zeichnung versinnlicht in Dove's Re-
der Physik. Th. II. S. 98. Fig. 8 u. 9. Vergl. Poggendorff's
III. 49.

hilos. Trans. 1834. p. 225.

oggendorff's Ann. XL. 335 ff. Dove's Repertorium. Th. II.

Dicke aber verhielten sich die Temperaturerhöhungen
chen elektrischen Entladungen umgekehrt wie die
ihrer Halbmesser oder waren den Querschnitten
proportional. Durch eine zweite Reihe von Versu
Riess[1] vermittelst verschieden langer eingeschaltet
dafs die Erwärmung von der Länge der leitenden
abhängig ist, woraus hervorgeht, dafs diejenige Ve
welche in irgend einem Elemente des Rheophors her
wird, in allen übrigen Elementen desselben gleic
findet. Die wesentlichste, durch diese Versuche aufgefu
Thatsache ist, dafs die Erwärmung bedeutend gesch
ganz aufgehoben wird, sobald irgend ein schlech
Körper den freien Durchgang des elektrischen Strom
Die in Anwendung gebrachten Nichtleiter waren
schicht, ein oder zwei Kartenblätter und ein dünnes
blatt. Es läfst sich hierbei die Ursache nicht in e
messenen Verminderung des elektrischen Stromes suc
das Residuum der entladenen Flaschen war in all
nach Schätzung gleich grofs, und dennoch hätte es
lich bei Anwendung des Glimmerblättchens, noch
der ganzen Ladung betragen müssen, was der Be
nicht entgehn konnte. Durch eine dritte Reihe von
bestimmte Riess[2] die Verzögerungskraft und das Er
vermögen verschiedener Metalle, die des Platins a
angenommen, und erhielt folgende Werthe:

---

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 47.
2 Ebendaselbst XLV. 1.

Digitized by Google

Metalle.	Verzögerungs-kraft.	Erwärmungs-vermögen.
Silber	0,1043	0,1267
Kupfer	0,1552	0,1133
Gold	0,1746	0,2112
Cadmium	0,4047	—
Messing	0,5602	0,3861
Palladium	0,8535	—
Eisen	0,8798	0,7080
Platin	1,0000	1,0000
Zinn	1,0530	1,5700
Nickel	1,1800	0,8727
Blei	1,5030	2,867
Neusilber	1,7520	—

...nten Versuche führten zu folgendem Hauptsatze: In ...lchen mit einander verbundenen Metalldrähten, die ... eine elektrische Batterie entladen, werden Wärme-... frei, die genau proportional den Verzögerungen sind, ... diese Drähte einzeln bei irgend einer elektrischen Ent-... verursachen würden. Das Ganze läſst sich dann durch ...nel ausdrücken:

$$W = \frac{a \times l}{r^2} \left(\frac{1}{1 + \frac{b \times \lambda}{\varrho^2}} \right)^{\frac{q^2}{s}},$$

W die entwickelte Wärmemenge, l die Länge, r den ...ser, x die Verzögerungskraft, λ die Länge und ρ den ...ser des ganzen Schlieſsungsbogens, s die Gröſse der ... und q die in ihr enthaltene Elektricitätsmenge, a und ... Constanten bezeichnen, indem a von der Beschaffenheit ...talles im untersuchten Schlieſsungsbogen, b aber von ...schaffenheit des Metalles im hinzugesetzten Drahte ab-...

22) Nehmen wir alle diese Erfahrungen zusammen, zu ... noch die von De la Rive[2] namentlich über die Wär-

---

Ueber diese Versuche ist noch zu vergleichen Vorsselman de ... Poggendorff's Ann. XLVIII. 292 und die Bemerkungen von ...rüber ebend. S. 320.

Biblioth. universelle. T. XL. p. 40. Poggendorff's Ann. XV. 257.

meerzeugungen in Flüssigkeiten zusammengestellte
könnten, so ergiebt sich, dafs alle elektrische Strö
erregen, deren Menge der in gegebener Zeit durch
schnitt eines Leiters strömenden Quantität und d
proportional ist, welchen diese Masse einnimmt, z
vermehrt wird durch die Verzögerungskraft der Rhe
Ist die Masse des elektrischen Stromes zu gering u
nig zusammengedrängt, mag dieses von der spärli
bigkeit der Elektricitätsquelle oder der zu grofsen
über dem als ihr Reservoir dienenden Behälter oder d
fsen Querschnitte des Rheophors oder endlich von
gestörten Geschwindigkeit der Strömung herrühren,
dert sich die erregte Wärmemenge zunehmend so
sie zuletzt gar nicht mehr wahrgenommen wird.
ohne Zweifel die Ursache, dafs die englischen Exp
ren in Gemäfsheit ihrer Versuche mit Kinnersley'
mometer den Satz aufstellten, bei vollständiger I
Elektricität werde gar keine Wärme frei, was jedo
der angegebenen Beschränkung gültig ist. Hieraus lass
lich einige längst bekannte Erscheinungen erklären,
die Entzündung des Zündschwammes und des Sc
durch Verzögerung des Stromes. Nähert man nam
feinen Fasern des Zündschwammes, so ist die Ma
dem Knopfe der Flasche, vorzüglich einer grofse
ausströmenden und in einen kleinen Raum zusamm
ten Elektricität sehr bedeutend, und die Entzündu
fort eln, erfolgt auch in der Regel um so sicherer,
ler man den Schwamm nähert. Beim Durchgang
schenschlages durch Schiefspulver finde ich es wah
dafs der elektrische Strom überhaupt nicht durch die
ander gelagerten Körner fliefst, sondern durch die
dem die positive der negativen und umgekehrt auf
ste und schnellste Weise zu begegnen sucht; entz
aber Schiefspulver durch den Strom einer Volta'sche
dann erfolgt dieses nach meiner Ansicht in der Regel
das Verbrennen des Metalls, weil die Kohle des Sch
als schlechter Leiter den Strom nur schwer durchla
dieses steht in ziemlich genauem Zusammenhange mi
sultaten der neuesten, durch Edmund Becquerel[1] a

1 Aus Compt. rend. T. VIII. p. 334 in Poggendorff's Ann.

. Hiernach bringt der elektrische Flaschenfunke, selbst in 2 Millim. Abstand vor einer thermoelektrischen ıspringt, ebenso wie ein fortdauernder elektrischer Strom ınischen Wirkungen hervor, vermuthlich weil der Vor- zu schnell erfolgt, als dafs eine Wärmestrahlung ent- nte.

) Die Summe der Erfahrungen über Wärmeerzeugung ktricität wurde kürzlich durch einen höchst interes- eitrag vermehrt, welcher jedoch keineswegs geeignet Erklärung aller dieser Phänomene zu erleichtern. fand nämlich, dafs der hydroelektrische Strom bei urchgange durch die Löthstelle zweier Metalle je nach chtung nicht blofs ungleiche Wärme, sondern sogar te erzeugt. Der Satz, allgemein ausgedrückt, heifst[2]: *r positive Strom vom besseren Leiter zum schlech- rgeht, so wird die Löthstelle erwärmt, im entge- ten Falle wird sie weniger warm oder gar kalt;* stelle hat hiernach also eine andere Temperatur, als die Theile des Rheophors[3]. Auffallend zeigt sich dieses h bei den Verbindungen von Kupfer mit Antimon smuth, am auffallendsten aber bei einer Verbindung m letztern Metalle, woraus man ersieht, dafs die zu ektrischen Säulen geeignetsten Metalle auch hierbei die Wirkung zeigen. Peltier machte seine ersten Ver- it einem sehr complicirten Apparate, dann mit zwei ngen von Antimon und Wismuth, die er kreuzweise hrung ihrer Löthstellen über einander legte und wobei

---

n. de Chim. et Phys. T. LVI. p. 371. Poggendorff's Ann. I.

e scharfe Bestimmung dieses merkwürdigen Gesetzes verdan- den sogleich zu erwähnenden Versuchen von Moser und

ls die Richtung des elektrischen Stromes auf die Wärmeer- inen bedeutenden Einfluss habe, ist aus einem andern Phä- nomene ersichtlich. Legt man eine Scheibe Phosphor auf eine mit itiven Conductor einer Elektrisirmaschine liegende Metall- nd nähert man ihr eine mit der Hand gehaltene kleine Me- an einer Metallstange, so wird der durch den Phosphor fah- nde letzteren nicht entzünden, wohl aber geschieht dieses ıfig, wenn man die Scheibe Phosphor an die genäherte Ku- el.

die eine Verbindung in die Kette des elektrischen Stromes geschaltet wurde, während die andere als thermoelektrische Kette diente. Mit einem ähnlichen Apparate wiederholte Moser[1] die Versuche und fand die Resultate bestätigt. Peltier bediente sich Peltier eines Luftthermometers, dessen Kugel die durch Löthung verbundene Stange Antimon und Wismuth gezogen war. Die Anwendbarkeit des letzteren Apparates verwirft Lenz mit Recht deswegen, weil die Stange leicht so stark erhitzt wird, dafs die erzeugte Wärme die Erkaltung der Löthstelle überwindet und man ein ungengesetztes Resultat erhält. Inzwischen hat der Apparat den grofsen Vorzug der Bequemlichkeit und Empfindlichkeit, und kann daher jetzt, nachdem die Thatsache aufser Zweifel gesetzt worden ist, mit Nutzen angewandt werden. Nach der von ihm gewählten Construction läfst man an eine ungefähr 0,5 Fig. 46. weite Glasröhre AB eine Kugel von etwa 1 Zoll Weite mit zwei einander gegenüber stehenden kurzen Halsen anblasen, zieht die an einander gelötheten Stängelchen Antimon und Wismuth von etwa 1 Lin. Dicke durch die beiden kurzen Halse, und verkittet sie luftdicht so, dafs die Löthstelle in der Mitte befindet. Die aufwärts gebogene Glasröhre ersteigt man auf einem verticalen Bretchen mit einer Scala, das auf einem geeigneten Fufsgestelle ruht. Beim Gebrauche erwärmt man die Kugel etwas mit der Hand und bringt einige Tropfen Weingeist auf das obere Ende der Röhre, welche beim Abkühlen ungefähr bis in die Mitte der Röhre sinkt und dann entweder steigt oder fallt, jenachdem man den Draht des positiven Poles mit dem einen oder dem andern aus den Hälschen hervorragenden Metallenden in Berührung bringt, während der andere Draht das entgegenstehende berührt. Mit diesem Apparate kann man die Thatsache bei der Anwendung schwächerer Säulen im Allgemeinen bestätigt finden, und es gewährt sogar eine interessante Erscheinung, wenn man bei ziemlich schnellem Wechsel der Berührung mit den Polardrähten das Thermometer steigen und fallen

1 Dove's Repertorium. Th. I. S. 349.

2 Einst wandte ich eine so starke Säule an, dafs das Wismuthende jederzeit bei der Berührung mit dem Schliefsungsdrahte an der Berührungsstelle schmolz, und dennoch blieb der Erfolg für

ge muſs man gestehn, daſs Lenz[1] das Problem bedeu-
iter gefördert hat. Zuerst wiederholte er den Versuch
kreuzweise auf einander liegenden, zusammengelöthe-
smuth- und Antimonstangen, und gewahrte eine entge-
gte Bewegung der Magnetnadel bei umgekehrter Rich-
des galvanischen Stromes; demnächst zeigte ein feines,
Löthstelle der Wismuth- und Antimonstange gehaltenes
ometer bei der einen Richtung eine Temperaturvermin-
von 0°,88, bei der entgegengesetzten eine Erhöhung
,12 C., endlich aber lieſs derselbe Stangen von Wismuth
timon von 4,5 Z. Länge und 0,4 Z. Querschnitt an
r löthen, bohrte in die Löthstelle ein kleines Loch,
in dieses die Kugel eines feinen Thermometers und
en übrigen Raum mit Eisenfeilicht. Ward dieser Apparat
Strom einer einfachen Volta'schen Kette aus Platin und
on 1 Quadratfuſs Fläche gebracht, so sank das Ther-
r, wenn der positive Strom vom Wismuth zum Anti-
ng, um fast 3°,75 C., fing aber nach einiger Zeit wie-
zu steigen, was augenscheinlich von der Erhitzung der
thstange herrührte, die dem Gefühle nach bedeutend
t war, während die Antimonstange in Folge ihres bes-
Leitungsvermögens sich kalt zeigte; ging der Strom da-
umgekehrt vom Antimon zum Wismuth, so stieg das
ometer 45° C. Noch auffallender aber war folgender
h. Lenz füllte das Loch in der Löthstelle mit Wasser,
gte die zusammengelöthete Stange auf schmelzenden
, womit zugleich die beiden Enden bedeckt waren.
rch ging sowohl die Stange, als auch das Wasser in
che auf 0° herab, und letzteres zeigte auch diese Tem-
r 10 Minuten lang an einem Thermometer. Als darauf
om vom Wismuth zum Antimon die Stange durchlief,
das Wasser nach 5 Minuten vollständig; auch zeigte das
ometer bei wiederholten Versuchen in diesem Wasser
38 C., und dieses ist also die erste Eisbildung durch
ismus.

---

eit nicht aus, indem das Thermometer der Bedingung gemäſs
ld oder rascher stieg.

aus Bulletin scient. de Petersb. in Poggendorff's Ann. XLIV.

Digitized by Google

224) Dafs dieses merkwürdige Verhalten eine Folge der tungsfähigkeit der hierbei in Anwendung gebrachten M sey, unterliegt keinem Zweifel, sofern keine andere de Ursache aufzufinden ist; allein es versteht sich von selbst hiermit das Phänomen noch keineswegs als erklärt zu be ten sey. Um aber auch in dieser Beziehung einen besse haltpunct zu haben, verdanken wir den Versuchen von zugleich eine nähere Bestimmung des elektrischen Leitu mögens beider Metalle. Nach der früher von diesem Ge angewandten Methode fand derselbe, die Leitungsfähigk Kupfers zu 100 angenommen,

für Quecksilber . . .	4,66
— Antimon	8,87
— Wismuth	2,58

Wurden beide zusammengelöthete Metalle als Einheit Kette eingeschaltet, so war der Leitungswiderstand m merklich verschieden, der Strom mochte die eine oder di gegengesetzte Richtung haben.

225) Handelt es sich darum, diese Erscheinungen m Wärmetheorie in Einklang zu bringen, so zweifle ich That, ob es möglich seyn wird, eine genügend sicher hinlänglich gegen jeden Einwand begründete Erklärung finden, was wohl davon herrührt, dafs wir das eigentlich sen der Elektricität und namentlich das eigenthümliche ten ihrer Durchströmung der Rheophore, ungeachtet der losen bekannten Thatsachen, immer noch nicht genügend nen. Statt aber diese Schwierigkeiten unberührt zu wird es doch rathsamer seyn, die bisher gemachten Ver einer Erklärung zu erwähnen und diejenigen Hypothese zuführen, die sich den meisten Thatsachen am leichtesten fügen lassen.

Zuvörderst darf nicht übergangen werden, dafs Rus Materialität der Elektricität deswegen bezweifelt, weil sie erwärmende Kraft in jedem Elemente der durchströmten äufsert; allein mir scheint dieses Argument ganz unz weil jeder materielle Körper die ihm eigenthümlich mende Wirkung an jedem Orte äufsert, wo er sich

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 62.

Digitized by Google

ber auch die Elektricität an jeder Stelle des von ihr durch-
en Rheophors die ihr eigenthümlichen Wirkungen, Erre-
von Wärme und Magnetismus, äufsern mufs, ebenso wie
die eine Röhre durchströmende comprimirte Luft gegen
gleich grofse Element der Röhrenwandung einen gleich
n Druck ausübt. Dem erwähnten Argumente gerade ent-
jetzt war eine frühere Ansicht von De la Rive[1], wo-
r die Wärmeerzeugung durch Elektricität derjenigen ana-
tachtete, welche entsteht, wenn ein Gas in Folge eines
Druckes durch eine enge Röhre gepreſst wird, weil er
ktricität für ein den Gasen ähnliches Fluidum zu halten
war, eine Ansicht, die ihm später allzugewichtigen
den ausgesetzt zu seyn schien, als dafs er sie nicht auf-
wollte. Berthollet[2] war anfangs geneigt, das elektri-
luidum für Wärme selbst zu halten, wollte aber, ehe er
darüber entschied, noch einige Versuche anstellen, was
ch unter Mitwirkung von Gay-Lussac mit den treff-
Apparaten des Professors Charles geschah und zu ei-
llerdings beachtenswerthen Resultaten führte. Dahin ge-
e Bemerkung, dafs der zum Glühen gebrachte Platin-
chdraht erkalten soll, als wenn er anderweitig bis zu
r Temperatur erhitzt war, eine Thatsache, die mir im
einen noch zu wenig begründet zu seyn scheint, als dafs
i der Erklärung des Phänomens vorzugsweise Berück-
tung verdiente. Wichtiger ist, dafs der Flaschenschlag,
r zu schwach ist, den Zusammenhang aller Theile des
zu trennen, einige Theilchen von seiner Oberfläche
die als Rauch aufsteigen[3], wogegen ein stärkerer Schlag
lauter Fäserchen zerreifst. Ueberhaupt scheinen ihm
Wirkungen des elektrischen Stromes nicht sowohl auf
Temperaturerhöhung, wie durch gewöhnliche Erwärmung,
auf einer Art Compression oder auf einem Einflusse
Zusammenhang der Körperelemente zu beruhen, denn
derselbe durch gasförmige Körper geht, so findet nur
momentane Ausdehnung derselben, nicht wie durch

[1] Mém. de la Soc. de Phys. et d'hist. nat. de Génève. T. III. 123.

[2] Ann. Essay de Stat. chim. in G. XX. 334.

[3] Diese Erfahrung ist wohl ziemlich allgemein bekannt.

Digitized by Google

Wärme, statt, und als die holländischen Physiker d
einen Bleidraht in einem Gefäfse voll Stickgas k
stiebte der Draht in metallisches Pulver, statt d
Hitze in Kugeln geschmolzen seyn würde. Berz
terscheidet daher sehr richtig die Wirkungen der E
an sich von denen der Oxydation (des Verbr
glaubt, dafs die ersteren sich blofs auf Vermin
Vernichtung der Cohäsionskraft, auf Trennung und
ung der kleinsten Theilchen beziehn, wodurch dann
die Oxydation eingeleitet und befördert wird.

226) Die durch Berzelius aufgestellte, bereits
(§. 29) erwähnte Hypothese hat wegen der grofsen
dieses berühmten Gelehrten viele Anhänger gefunden
nach ist die Wärme gar kein einfaches Wesen,
eine Zusammensetzung aus positiver und negativer
Diese Hypothese, die keiner weitern Erläuterung
sich schon durch ihre Einfachheit empfiehlt, erkl
manche Entzündungen, als des Phosphors, Aethers
wenn man annimmt, dafs in diesen Körpern beide
täten sich vereinigen und in Wärme verwandeln;
leicht soll sie auch das Erglühen der Metalldrähte erk
lein bei näherer Untersuchung ergiebt sich evident, d
blofs in Beziehung auf dieses letztere, sondern auch
meinen unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstel
vörderst geht aus zahllosen Versuchen angenfällig h
alle elektrische Erscheinungen blofs auf einer Tre
Verbindung beider Elektricitäten zu einem neutralen
stehn, ein Satz, welcher unter besonderer Modifi
die Basis sowohl der Franklin'schen als auch der Sy
Theorie bildete und daher von allen Physikern, auch
zelius selbst, als gültig anerkannt wird. Nach
these des Letztern müfste aber bei jeder Elektricit
bei jeder Trennung beider Elektricitäten aus dem 0E.
me auf gleiche Weise Kälte entstehn, als durch die
dung beider zu 0E. Wärme erregt wird. Durch da
der Glasscheibe einer Elektrisirmaschine und durch di
sche Säule müfste daher Kälte erzeugt werden, statt
deutende Wärme zum Vorschein kommt. Man
zwar diese Einwürfe durch die Annahme, dafs das
der Glasscheibe durch sich selbst Wärme, die Tren

Digitized by Google

…n Kälte erzeugt, wobei aber erstere in solcher …nden seyn soll, dafs ein Theil derselben vorherr… Bei der Säule leidet dieses keine Anwendung, …n man sagen, auch in dieser sey die durch chemische …eugte Hitze im Uebermafs vorhanden. Diese letz… ist ohne Widerrede unwahrscheinlicher, als die … jeden Fall ist es aber schlimm, eine auf wenige …gründete Hypothese bei ihrer Anwendung auf …ene stets durch neue, gleichfalls unbegründete …unterstützen zu müssen, und also, nach einer sehr …rung von Gauss, ein Verfahren in Anwendung …, ähnlich dem älteren, als man zur Erklärung der …Himmelskörper stets neue Epicyklen hinzufügte. …im bekannten Versuche von Biot einen geladenen …lector einem anderen isolirten ohne Berührung nä… …0 E. des letzteren durch Induction trennt, so …doch Kälte entstehn, bei der Entfernung des ersten …. Beides ist zwar noch nicht durch Versuche aus… …auf jeden Fall aber höchst unwahrscheinlich. Es …keiner Anhäufung vieler Argumente, da ein un… …entgegensteht. Wenn ein langer Draht erglüht, …r Wärmeerzeugung eine Verbindung beider Elek… …llen Querschnitten des Drahtes statt finden, was …möglich ist. Beide Elektricitäten durchströmen den… …fsheit der doppelten Durchbohrung eines Stan… …nach Moll in entgegengesetzter Richtung, und …Versuch zeigt deutlich, was sich jedoch von selbst …dafs sich beide in entgegengesetzter Richtung strö… …tricitäten unterwegs nicht verbinden, vielmehr ge… …der Batterie die Vereinigung erst bei beiden Bele… …deren jede die der ihrigen entgegengesetzte aufnimmt …auch in den Zustand von 0 E. versetzt wird, bei der …Volta'schen Kette aber nimmt das Zink die positive …des Kupfers und letzteres die negative des Zinks …Isophor dient blofs als Vehikel der Strömung, eine …ng beider Elektricitäten kann in ihm nicht statt fin… …die zu 0 verbundene Elektricität strömt nicht, schon …, weil sie sonst nach beiden Seiten zugleich strömen …was an sich unmöglich ist. Ein Erglühen des Rheo… …ere also hiernach nicht möglich, am wenigsten ein

fortdauerndes, wollten wir nicht mit der Erklärung d
sammten elektrischen Erscheinungen in Widerspruch k

227) Die Geschwindigkeit, womit die Elektricit
kommene Leiter durchströmt, und die aufserordentliche
nische Gewalt, die sie ausübt, führten leicht zu der Ei
dafs die Wärme durch dieselbe auf gleiche Weise, al
Compression, erzeugt werde, allein De la Rive[1] hat
Recht, dafs dieses wohl auf den momentan wirkend
schenschlag, nicht aber auf den Strom der Volta'sch
anwendbar sey, welcher fortdauernd Glühhitze erzeug
Bemerkung ist zwar unbezweifelt richtig, es darf j
gleich nicht übersehn werden, dafs auch die Reib
dauernd Wärme erzeugt, wodurch jedoch, wie an
das Phänomen selbst keineswegs erklärt ist. E
ist der Fall, wenn man die Wärmeerzeugung der E
aus ihrer chemischen Wirksamkeit ableiten wollte. E
sich also, dafs die Bemühungen der Physiker, dieses
sante, aber auch höchst schwierige Problem zu lösen,
vergeblich waren, und daher kann dieses auch hier n
dezu beabsichtigt werden, wie wichtig auch eine solch
für die Wärmetheorie überhaupt seyn mag. Dessen
werden einige allgemeine Bemerkungen hier nicht am
Orte seyn.

α) Es ist eine bekannte Sache, dafs Metalldrähte d
Batteriefunken eine merkliche Veränderung ihres Volu
leiden[2]. Van Marum sah, dafs ein $\frac{1}{18}$ Z. langer E
durch einen einzigen Flaschenschlag um mehr als 0,2
kürzt wurde, und ähnliche Resultate erhielt Nairne,
also folgt, dafs das stabile Gleichgewicht der Molek
den elektrischen Strom bedeutend afficirt wird.

β) Man hat noch nicht genügend die Frage erörtert,
che Rolle der Leitungsdraht beim Strömen der Elektrici
Für statische Elektricität ist aus früheren Erfahrungen b
neuerdings aber durch Faraday's Versuche erwiesen w
dafs die Trennung beider Elektricitäten blofs auf der
che der Conductoren statt findet, bei der dynamischen
cität kann dieses jedoch nicht der Fall seyn, vielmehr

1 Poggendorff's Ann. XV. 258.
2 Fechner's Lehrbuch der Experimentalphysik. Th. II. S.

Digitized by Google

rscheinungen, namentlich aus der so eben erwähnten
nsänderung der Rheophore evident hervor, dafs die
ität durch die ganze Masse der Leiter strömt.

Auch hierbei könnten die Leiter der Elektricität insofern
seyn, dafs ihre eigene 0 Elektricität nicht getrennt wür-
ndern beide Elektricitäten in ihnen in entgegengesetzter
ng strömten, sie könnten aber auch insofern aetiv seyn,
eigene 0 Elektricität durch den Elektrometer getrennt wür-
beiden Fällen würden die elektrischen Ströme in ihnen
nnten Veränderungen hervorbringen können. Ohne im
en hierüber entscheiden zu wollen, da bis jetzt keine
d bestimmende Erfahrung vorhanden ist, bin ich ge-
der letztern Ansicht beizutreten, indem die neuesten In-
apparate (die durch Neef sogenannten magnetoelektrischen
dieselben mindestens wahrscheinlich machen, wonach
trische Strom, welcher einen vollkommenen Leiter
ömt, in einem ihm isolirt genäherten gleichfalls eine
che Strömung erregt.

Es scheint mir ein allgemein gültiges Naturgesetz zu
dafs alle Flüssigkeiten, sobald sie bei ihrer Bewegung
nisse zu überwinden haben, in Undulationen versetzt
, die dann mehr oder minder deutlich wahrnehmbar
Beispielsweise möge hier nur erwähnt werden, dafs auch
ermassen im Sturme deutlich diesen wellenartigen Cha-
zeigen. Hiernach wären also auch die elektrischen Strö-
ht als ein stilles Fortfliefsen, sondern als ein wellenarti-
rschreiten zu betrachten, womit dann auch die Ge-
igkeit ihrer Bewegung bei unleugbar vorhandenem Wi-
de besser vereinbar seyn würde.

ir müssen uns hiernach, um die Naturgesetze mehr zu
chen, folgende Vorstellung machen. Wenn die innere
g einer geladenen Flasche oder die Kupferscheibe der
en Volta'schen Kette mit einem Metalldrahte in Berüh-
mmt, so wird die aufgehäufte positive Elektricität die
e im nächsten Elemente des Drahtes trennen, die aber
gene positive Elektricität nicht loslassen würde, wenn
nicht gleichzeitig durch die negative der äufsern Bele-
hierzu bewogen würde. Die trennende Kraft schreitet
durch die ganze Drahtlänge vermittelst der jedes Element
ihen Einwirkung unglaublich schnell fort, die wirkliche

Trennung findet aber erst dann statt, wenn alle einzelne
des Rheophors und beide Belegungen der Flasche mit
in Conflict gekommen sind. Mit den nöthigen Modifi
gilt dieses von beiden Polen der Volta'schen Säule
sie verbindenden Drahte. Man könnte dann annehmen
die mechanische Gewalt einer so unglaublich schnell
mung die Wärme durch Compression auspresste; es dü
angemessener seyn zu einer Art chemischer Einwirkung
Zuflucht zu nehmen. Allerdings scheint der Umstand,
Erhitzung mit zunehmendem Widerstande wächst,
mechanische Wirkung zu deuten, allein man muss
rücksichtigen, dafs chemische Actionen gleichfalls eine
Zeitdauer erfordern, weil eine so schnelle Strömung
wäre, dafs gar kein Einfluss auf die Molecüle der
statt finden könnte. Als Axiom darf zugleich der Satz
stabilen Gleichgewichte durch den Conflict der attract
repulsiven Kräfte auf die Molecüle der Körper ange
werden, wobei dann die Wärme entweder mit der
kraft identisch oder doch innigst damit verbunden ist.
man hiernach berücksichtigt, welchen Einfluss die
auf die Molecüle der durchströmten Körper ausübt,
das Volumen der Körper verändert, wie sie ferner
meinen so kräftig chemisch wirkt, so gewinnt sehr
Vorstellung einen nicht unbedeutenden Grad der Wa
lichkeit, dafs durch diese beiden Wirkungen der
Elektricitäten das stabile Gleichgewicht der Körper
und Wärme auf gleiche Weise, als durch die Wirk
mischer Kräfte bei den Verpuffungen, momentan frei

Peltier's Entdeckung scheint auf den ersten
Erklärung der Wärmeerzeugung durch Elektricität
zu machen, inzwischen dürfte folgende Hypothese
gen Schein der Möglichkeit gewähren. Die positive
tät hat nach vielen Indicien einen höhern Grad der
als die negative; man könnte ihr daher verhältnifsmäfsig
tigere Wellen beilegen, ohne dafs diese dennoch
den negativen vorauseilen, weswegen auch die Leitung
einer Verbindung von Wismuth und Antimon für jede
tung der elektrischen Ströme gleich ist, denn beide
durch das Gesammtverhalten der Elektromotoren und der
phore bedingt. Wenn daher die kräftigeren positiven

Digitized by Google

schlechteren Leiter in einen viel besseren übergehn,
n sie zu einer momentanen Ruhe, einem momenta-
eiten durch eine kurze Strecke; ihre Wirkung hört
Wärme wird gebunden und es tritt nur dicht an der
Kälte ein. Uebrigens verdiente noch untersucht zu
h auch dann Kälte eintritt, wenn die beiden Metalle
nmengelöthet, sondern blofs in genauer Berührung
l in dem Falle, dafs dann die so höchst auffallende
wegfele, auch der Einfluſs des zum Löthen die-
alles bei der Erklärung berücksichtigt werden müfste.

E. Verhalten der Wärme.

mtlichen Erscheinungen, welche in diesem Ab-
Untersuchung kommen, pflegte man früher unter
ng zusammenzufassen, allein es zeigten sich dann
de Widersprüche in den Phänomenen, dafs es nicht
rde, sie zu einigen, noch viel weniger, sie auf be-
setze zurückzuführen. So zeigten sich z. B. Kör-
man auf der einen Seite ein starkes Wärmelei-
gen zuschrieb, weil sie schnell erkalteten, von der
schlechte Leiter, weil sie die Wärme nur wenig
hindurchliefsen. Im Allgemeinen kommt hier das
de Wärme insofern in Betrachtung, als es sich
welchen Gesetzen sie einen Körper verläfst und
ndern aufgenommen wird, in einigen Körpern sich
andern langsam ausbreitet, endlich wie sie in den
n Körpern eine mehr oder weniger hohe Tempe-
oder gänzlich verschwindet, ohne eine Tempera-
zu bewirken, obgleich sie durch anderweitige Mo-
der Körper in unverminderter Menge wieder zum
mmt. Werden alle diese Erscheinungen gehörig
lassen sich nicht blofs die einzelnen füglich un-
e Gesetze bringen, sondern sie fügen sich auch
ohne Schwierigkeit dem bereits aufgestellten allge-
rungsprincipe, ohne dafs innere Widersprüche
, wie der Verfolg der Untersuchungen ergeben

1) Wärmestrahlung.

228) Unter Wärmestrahlung verstehn die Physiker stens ein bereits oben erwähntes Verhalten der Wärme, nach dieselbe, wenn sie am Tage mit den Lichtstrahlen der Sonne auf der Erde angelangt ist, schon bei Tage, mehr aber bei Nacht, dem leeren Himmelsraume wieder len soll[1]. Gegen diese Hypothese, wie allgemein dieselbe von den berühmtesten Physikern angenommen und ver wird, habe ich mich aus mir unwiderleglich scheinenden den erklärt, zu denen bei der Untersuchung der Wär risation noch andere gewichtige hinzukommen werden, noch aber stelle ich eine Wärmestrahlung keineswegs rede, wie auch schon nothwendig aus der Annahme von mewellen folgt, jedoch in einem andern Sinne, als die bezeichneten. Wärmestrahlung findet nämlich allemal wenn die Wärme irgend einer Wärmequelle durch den Raum oder beliebige expansibele und tropfbare Flüss und selbst feste Körper nach dem Grade ihrer Durch oder in andere feste oder flüssige Körper übergeht od sich anscheinend blofs zerstreuet, falls ein sie aufneh Körper zu entfernt seyn sollte. Wir wollen zuerst d züglichsten Thatsachen beleuchten, wobei es jedoch sch die eigentliche Strahlung von der Durchleitung zu trenn gleich beide Erscheinungen von den bessern Experim zugleich berücksichtigt zu werden pflegen.

a) Strahlung im Allgemeinen.

229) Der Erste, welcher die Aufmerksamkeit der auf das Phänomen der Strahlung lenkte, war wohl Mar

---

1 Es scheint mir überflüssig, aufser den oben §. 79 erwähnten Autoritäten noch die übrigen vollständig aufzuz es wird stets nur das Stattfinden eines Erkaltens bezeugt hypothetisch von der Strahlung abgeleitet, ohne deren Exi stenz nachzuweisen. Vorzugsweise gelten in dieser Beziehu über den Thau, s. Art. *Thau*, Bd. IX. S. 686. Arago 1828. Boussingault in Ann. de Chim. et Phys. T. LII. p. gendorff's Ann. XXXI. 600 und viele Andere.

2 Mém. de l'Acad. 1682. Die noch älteren Versuche der

er fand, dafs die Strahlen eines Feuers in einem Hohl-
l gesammelt auf die im Focus gehaltene Hand brennend
kten, was jedoch nicht statt fand, wenn sie durch eine
fel aufgehalten wurden. Diese Versuche mit Spiegeln
n von Du Fay[1] und Cassini[2] wiederholt. Lambert[3]
unterschied mit seinem gewohnten Scharfsinn sogleich die
ungen des Lichts von denen der Wärme, indem er die
n eines hell brennenden Feuers mit einer Glaslinse auffing,
enig Wärme im Focus derselben an seiner Hand empfand,
en es ihm gelang, durch die Hitze glühender Kohlen ver-
t zweier Brennspiegel leicht entzündliche Körper auf eine
nung von mehr als 24 Fufs in Brand zu setzen. Am
auntesten und belehrendsten sind die Versuche von
x[4], welcher zuerst den Namen *strahlende Wärme* ein-
und nachwies, dafs die Wärmestrahlen nicht durch den
g abgelenkt werden, durch starke Bewegung der Luft
nsität nicht verlieren und die Luft selbst nicht erwär-
Fing er die Strahlen eines Feuers durch eine Glasscheibe
drangen die der Wärme nicht durch, wohl aber die
htes, die sich auch nachher vermittelst einer Linse con-
n liefsen. Hiernach stellte er den Satz auf, dafs ein
iegel zwar die Lichtstrahlen reflectire, nicht aber die
strahlen, eine polirte Metallfläche aber beide. Hielt er
einen metallenen Hohlspiegel dem Feuer entgegen, so
dieser selbst nicht heifs und konnte fortdauernd ohne
eil in der Hand gehalten werden, war aber die Ober-
desselben geschwärzt, so nahm seine Hitze schon in vier
n so sehr zu, dafs man ihn nicht mehr mit der Hand
konnte. Diese wichtigen Versuche, an die sich die
bedeutenden von King[5] anreihen lassen, erregten weit
r Aufmerksamkeit, als sie eigentlich verdienten; mehr
ar dieses der Fall bei den allerdings ausgedehnteren,

Akademie del Cimento, welche auszumitteln suchten, ob
ales vom Eise ebenso als Wärme- und Lichtstrahlen von
spiegeln zurückgeworfen würden, scheinen wenig oder gar nicht
worden zu seyn. S. Saggi di naturali esperienze. a cart. 176.
Mém. de l'Acad. 1726.
Ebendaselbst 1747. p. 25.
Pyrometrie. S. 210. §. 378.
Versuche über Luft und Feuer. S. 60.
Morsels of Criticism. Lond. 1788. 4. p. 1.

welche Pictet[1] theils allein, theils mit de Saussure v
staltete. Er stellte zwei Spiegel von polirtem Zinn, einen
im Durchmesser haltend, deren Brennweite 4,5 Z. betrug
12 F. Abstand von einander, brachte in den Focus des einen
Kugel eines empfindlichen Thermometers, in den des a
eine eiserne Kugel von 2 Zoll Durchmesser, die anfangs
glühend war, nachher sich aber so weit abkühlte, dafs sie
hörte am Tage sichtbar zu glühn. Ein zweites Therm
wurde so aufgehangen, dafs es sich in gleichem Abstand
der Kugel befand, als das erste, aber nicht im Focus des
spiegels. In 6 Minuten, nachdem die Kugel an ihren O
bracht war, stieg das erste Thermometer auf 13°,12, das
aber blofs auf 3°,12 C., woraus also hervorging, da
Strahlen der Wärme, gleich denen des Lichts, vom Spi
flectirt wer denmufsten. Bei einer Wiederholung des Ver
als statt der Kugel eine Kerzenflamme genommen wurde
das erste Thermometer gleichfalls um fast 12° C. Wa
her Scheele, wollte auch Pictet die Wärmestrahlen v
Lichtstrahlen trennen, und als das Thermometer durch
Kerze im Focus von 2°,5 bis 16° C. gestiegen war, li
eine Glasscheibe zwischen die beiden Spiegel, wodur
Thermometer sogleich bis 7°,12 herabging, nach Weg
derselben aber wieder zur vorigen Höhe stieg. Dafs das
mometer nach Einbringung der Glasscheibe nicht ganz
zu seinem anfänglichen Stande herabging, betrachtete
eine Folge einiger das Glas durchdringender Wärmestrah
der früher aufgenommenen Wärme, die wieder gegen den
gel strahlen sollte. Weiter stellte Pictet in den Fo
einen der 10,5 Fufs von einander abstehenden Hohlspiegel
kleine gläserne Phiole mit etwa 2 Unzen siedenden W
und ein empfindliches Thermometer in den des andern
Minuten stieg dasselbe von 8°,33 bis 10°,33 und fie
Wegnahme der Phiole auf seinen vorigen Stand. Als m
die Kugel des Thermometers geschwärzt war, stieg das
mometer in derselben Zeit von 10°,75 bis 12°,87. Wur
gläserner Hohlspiegel statt des metallenen angewandt, s
kein Steigen des Thermometers durch die heifse eiserne
wahrnehmbar. Pictet wünschte auch die Geschwindigk

1 Versuch über das Feuer. Deutsche Ueb. Tüb. 1790. S.
Vergl. Essais de Phys. T. I. p. 63.

Digitized by Google

strahlung zu messen, stellte deswegen die beiden Spie- Fuſs von einander, brachte in den Focus des einen die Kugel, in den des andern ein empfindliches Luftther- , und hielt einen Schirm zwischen beide. Nach Weg- des Schirmes stieg das Thermometer sofort, weswegen Geschwindigkeit für unmeſsbar groſs hielt, jedoch be- man leicht, daſs diese Art der Messung ungenügend ist. Hohlspiegel werden seitdem sehr allgemein gebraucht die *Pictet'schen* Brennspiegel. In der Regel haben Z. Chorde und 6 bis 8 Z. Brennweite; man legt in den des einen mit einem Blasebalge versehenen eine Kubikzoll groſse Kohle, bringt in den des andern ein Zündschwamm, entfernt beide auf 12 bis 36 Fuſs von und entzündet den Schwamm durch Anblasen der Die gewöhnlichen Spiegel dieser Art sind von getrie- Messingblech und daher unvollkommen; könnte man sie zu groſse Kosten von hoch polirtem Spiegelmetall erhalten, so lieſsen sich damit sicher viele beleh- Versuche anstellen. Pictet brachte auch eine kaltma- Mischung in den Focus des einen seiner Spiegel und das Thermometer tief herabgehn, betrachtete dieses als Kältestrahlung, sondern als eine vom Thermo- rückwärts gehende Wärmestrahlung[1].

Die bisher erwähnten Versuche bezogen sich auf die strahlen, sofern dieselben auf verschiedene Flächen fal- von diesen verschluckt oder reflectirt werden, wenn fluſsig den Durchgang durch das Glas unberücksichtigt Rumford[2] berücksichtigte bei seinen Untersuchungen dieses, sondern auch den Einfluſs, welchen die auf die durch sie dringenden Wärmestrahlen ausüben. hierauf durch die Beobachtung geführt, daſs blecher- ſse, wenn sie blanke Oberflächen haben, mit heiſsem gefüllt in ruhiger Luft langsamer erkalten und nach

Herschel in Encycl. Met. Art. Heat. p. 292 giebt an, daſs Glieder der Akad. del Cimento 500 ℔. Eis vor einen Hohl- brachten und das Thermometer im Focus dadurch sinken

Mémoires sur la Chaleur. Par. 1804. 8. Philos. Trans. 1804. Kurze Notiz in G. XVII. 83 u. 213.

Digitized by Google

tiefer Erkaltung in heifser Luft langsamer erwärmt als wenn ihre Oberfläche mit dünnem Zeuge überkle
Rumford bediente sich zu den feinern Versuchen sein
moskops[1], mittelst dessen er die kleinen Unterschiede d
lung messen konnte, indem er zugleich zwischen di
Kugeln des Instrumentes Schirme aus Papier mit Go
überzogen brachte, um die eine oder die andere Ku
den Einfluſs der strahlenden Wärme oder auch gegen
ihm angenommene Kältestrahlung zu schützen. Sein
che bezweckten zuerst den Beweis, daſs wirklich ein
lung, bestehend in Undulationen, statt finde, weil di
das Thermometer in einer Entfernung afficire, wohin
Mittheilung nicht gelangen könne, eine Folgerung, di
mäſsheit der sehr geringen Leitungsfähigkeit wohl a
gelten, zugleich aber auf keine Weise so weit ausgede
den kann, daſs zugleich die Materialität der Wärme
widerlegt würde. Rumford füllte daher metallene
mit Wasser von 82°,22 C. Wärme, brachte sie in
dene Entfernungen von den Kugeln seines Calorim
beobachtete die Bewegung der Flüssigkeitssäule in d
des letzteren. Alsdann lieſs er gleiche Gefäſse von
denen Metallen verfertigen oder überzog das nämliche m
schaum, Silberschaum u. s. w. und fand, daſs be
Blänke die Strahlung nicht merklich verschieden war.
nächst näherte er dieselben Cylinder mit Eis gefüllt c
stücke oder mit eiskaltem Wasser gefüllte Gefäſse de
des Thermoskops von oben, von unten und von
und gewahrte sogleich eine entgegengesetzte Bewe
Flüssigkeitssäule. Zugleich entdeckte er, daſs dur
penruſs geschwärzte Metallflächen sowohl die Wärm
als auch die Kältestrahlen weit leichter aussendeten,
lirte. War der Boden eines metallenen Cylinders m
schlägerhaut bekleidet, so zeigte sich eine 25mal stärke
mestrahlung; in einer Anmerkung wird jedoch hin
daſs diese Bestimmungen sehr variiren, je nachdem da
moskop empfindlicher ist, und zwar in der Art, daſs
pfindliches nur ein Verhältniſs von 4:1, ein durch ei
berzug mit schwarzem Tusch unempfindlicher gemac

1 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 996.

Digitized by Google

...nifs von 16:1 gab, denn das Thermoskop ist am em-
...sten, wenn die Kugeln ganz rein sind. Die angege-
Zahlenbestimmungen können auf jeden Fall nicht als
genau gelten. Ein interessanter Versuch unter vielen
war der, wobei der Kugel des Thermoskops in gleicher
...ung von beiden Seiten zwei Cylinder gleichzeitig genä-
...den, deren einer ebenso viel wärmer, der andere eben-
kälter war als die Temperatur der Kugel, und als sich
...licher Einflufs zeigte, glaubte Rumford hierin den Be-
finden, dafs die Kältestrahlen von gleicher Intensität
als die Wärmestrahlen. Durch Bekleidung der Cylin-
...en mit Goldschlägerhaut fand er ferner nicht blofs das
...en der Wärme, sondern auch das Einströmen derselben
...d verstärkt, und noch mehr, wenn diese Bekleidung
...ch geschwärzt war. Gegen die Annahme eigener Käl-
...n erklärte sich vorzüglich Prevost, indem nach seiner
die stärkeren Wärmestrahlen heifserer Körper die schwä-
kälterer überwinden; inzwischen hat schon Pictet die
...chtig aufgefafst, und es bedarf zur Erläuterung dieser
...ne keiner so ausführlicher Untersuchungen, als Ainger[1]
...idmet hat.

...einem am 25sten Juni 1804 im Institute vorgelesenen
...wiederholt Rumford[2] die Resultate dieser seiner Ver-
hauptsächlich um zu beweisen, dafs es keinen Wär-
gebe, sondern dafs die diesem beigelegten Phänomene
...rme- und Kältestrahlen herrühren, wobei er jedoch
...t, dafs diese auch in Undulationen des Aethers bestehn
..., welcher die Molecüle der Körper umgiebt und ihre
...on bewirkt. Als belehrender Zusatz ist aber zu be-
..., dafs die Dicke der Ueberzüge blanker Metallflächen
Einflufs auf die Zeit des Erkaltens ausübt. Ohne Ue-
erfolgte die Erkaltung um gleiche Grade in 45 Min.;
...r Lage Firnifs in 31 Min., bei zwei Lagen in 25,25
bei vier Lagen in 20,75 Min. und bei acht Lagen in 24
...n.

...1) Gleichzeitig mit Rumford wandte sich auch Leslie[3]

The Quarterly Journ. New Ser. N. XIV. p. 378.
Mémoires. p. 129.
Inquiry into the nature of Heat. Lond. 1804. 8. Vergl. Phi-

Digitized by Google

zur Untersuchung dieser Aufgabe, wiederholte namentl
durch Pictet angestellten Versuche, und erweiterte di
sofern, als er nicht blofs die Oberfläche der Spiegel,
der metallenen als auch der gläsernen, sondern auch d
geln seines Differentialthermometers, dessen er sich auf
Weise, als Rumford seines Thermoskops bediente,
verschiedensten Substanzen bekleidete, um deren Ei
Ausstrahlungsvermögen zu bestimmen. Indem er die Wi
eines gläsernen Hohlspiegels untersuchte, den er foliirt u
foliirt, mit polirter und rauh gemachter Oberfläche anwan
langte er zu der Ueberzeugung, dafs nicht blofs die Oberfl
Körper, sondern auch ihre eigentliche Beschaffenheit da
lungsvermögen bedinge, was jedoch schwerlich begründ
dürfte, wenn auch Glas, als transparenter Körper, hier
ren sollte; überhaupt erfordert der Durchgang der Wärm
transparente Körper eine specielle Untersuchung. Die
hin erhaltenen Resultate wurden bedeutend erweitert d
Anwendung eines *hohlen Würfels* aus Metallblech, a
Messing- oder Kupferblech, von 4 bis 6 Zoll Seite.
obere und untere Fläche solcher Würfel nicht in Bet
kommen, so sind blofs die vier Seitenflächen zu berüc
gen. Diese werden in allen Beziehungen einander gl
wählt, dann bleibt die eine äufsere Fläche polirt, die
dern werden aber mit verschiedenen Substanzen bedeckt
Leslie Lampenrufs, Schreibpapier und Kronglas wählt
der obern Fläche befindet sich eine Oeffnung mit l
Röhre zum Eingiefsen des heifsen oder eiskalten W
durch welche man zugleich ein Thermometer einsenke
und auf der Mitte wird ein hölzerner Knopf zum beq

---

los. Trans. 1816. P. 1. Wiederholung seiner Versuche durc
Hopson in London and Edinb. Phil. Mag. N. XL. p. 297.

1 Zweckmäfsig ist die eine Seite polirt, die zweite
schliffen, die dritte mit Lampenrufs und die vierte mit ver
farbigen Stoffen überzogen zu wählen. Uebrigens habe ich g
dafs solche Würfel durch längeren Gebrauch weniger wirks
den, vermuthlich weil die innern Flächen durch etwas Schm
Einfluls verlieren. Interessant ist bei einem solchen Würfel,
gleichzeitiger Näherung zweier Finger in gleichen Abständen di
Seite kalt, die mit Papier beklebte heifs scheint, bei der Be
aber das Gegentheil eintritt.

Digitized by Google

liren angebracht. Nähert man abwechselnd die ver-
nen Seiten einem Luftthermometer in gleichen Entfer-
, so gewahrt man den Unterschied des Strahlungsver-
. Leslie glaubt auch gefunden zu haben, dafs der Fo-
r Wärmestrahlen näher am Spiegel liege, als der der
trahlen, was jedoch später nicht besonders beachtet und
worden ist. Derselbe hat die verschiedenen Substan-
ch ihrem Ausstrahlungsvermögen geordnet. Hiernach ist
e in relativen Zahlenbestimmungen ausgedrückt fol-
:

Lampenschwarz .	100	Marienglas	80
Schreibpapier . .	98	Reifsblei	75
Harz	96	rauhes Blei . . .	45
Siegellack	95	Quecksilber . . .	20
Kronglas	90	blankes Blei . . .	19
Tusche	88	polirtes Eisen . .	15
Eis	85	Zinnplatte	12
Mennig	80	Gold, Silber, Kupfer	12

sstrahlungsvermögen des Wassers nimmt er nach Schä-
zu 100 an, doch ist diese Bestimmung wohl sehr un-
, und überhaupt kommt es ohne Zweifel sehr auf die
der Ueberzüge an. Melloni[1] bestimmte vermittelst sei-
Thermomultiplicators und der Anwendung eines Leslie'-
Würfels mit siedendem Wasser das relative Ausstrah-
vermögen von sechs Substanzen, und fand dasselbe für
fs = 100, Bleiweifs = 100, Hausenblase = 85, Gum-
= 72, Metallfläche = 12. Auf gleiche Weise hat
e verschiedene Substanzen nach der verhältnifsmäfsigen
ihres Reflexionsvermögens geordnet.

Messing	100	Blei	60
Silber	90	Zinnfolie in Queck-	
Zinnfolie	85	silber erweicht	10
Blockzinn	80	Glas	10
Stahl	70	Glas mit Wachs oder	
		Oel überzogen .	5

1 Poggendorff's Ann. XXXV. 572.

Digitized by Google

Inzwischen ist nicht zu bezweifeln, dafs, wie beim Li
auch bei der Wärme die Höhe der Politur einen grofs
fluſs ausübt. Auf eine interessante Weise und zugle
Beziehung auf praktischen Nutzen hat R. W. Fox[1] da
lungsvermögen ungleicher Flächen durch die Menge
dergeschlagenen Wasserdampfes bestimmt. Zwei gleic
Würfel von Weifsblech, 4 Zoll Seite haltend, waren
nem Kessel so durch Röhren verbunden, dafs das
niedergeschlagene Wasser durch einen geöffneten Hah
das in den Röhren verdichtete aber in den Kessel zu
Die Oberfläche des einen Gefäfses war blank, die de
mit Lampenrufs geschwärzt, und das Verhältnifs der S
beider war 972 zu 1736 oder wie 1:1,786. Aeltere V
ebendesselben[2], wobei er metallene Gefäfse mit heifs
gefüllt, theils blank, theils mit geschwärzter Oberflä
sich allein oder in andere etwas weitere Kästchen ein
sen, unter einer Campane in atmosphärischer Luft oder
antlirter erkalten liefs, beweisen im Allgemeinen, dafs
kaltung im Vacuum langsamer, als in der Luft erfolg
Wirkung geschwärzter Oberflächen ist anderweitig g
bekannt, weniger aber, dafs das Hineinsetzen in die
benden Kästchen die Zeit des Erkaltens im Ganze
kürzte.

232) Unter diejenigen, welche schätzbare Versuc
Wärmestrahlung anstellten, gehört auch Maycock[3],
Bemühungen zu ihrer Zeit mehr Anerkennung verdien
als ihnen zu Theil wurde, da er den Einfluſs des
gänzlich ausschlofs, indem er ein Gefäfs mit heifsem
in den Brennpunct des einen Spiegels stellte. An
wandte er Tafeln von verschieden gefärbtem Glase zu
fangen der Wärmestrahlen an, und bemerkte, dafs di
ungleiche Menge derselben durchlassen, worauf wir hi
deswegen nicht weiter eingehen, weil dieser Gegenstand
dings viel gründlicher und in ungleich gröfserem Umfa
handelt worden ist. Eine grofse Menge Versuche über W

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XVIII. p. 232.
2 Philosoph. Magaz. or Annals. T. XI. p. 345.
3 Nicholson's Journ. T. XXVI. p. 75. Bibl. Brit. T
p. 213.

Digitized by Google

g hat ferner PREVOST[1] angestellt; sie enthalten jedoch
wohl nur Thatsachen, als vielmehr die Elemente zur
lung seiner Theorie, von welcher weiter die Rede seyn
Die Versuche von DE LA ROCHE[2] waren hauptsächlich
it, die Modificationen der Licht- und Wärmestrahlen
zu lernen, welche sie beim Durchgange durch ver-
ne Arten Glas erleiden, inzwischen beweisen sie zu-
man darf wohl sagen unzweifelhaft, einen allerdings
gehörigen Satz, dafs nämlich die Quantität Wärme,
ein erhitzter Körper in einer gegebenen Zeit gegen ei-
gewissem Abstande entfernten Körper ausstrahlt, unter
gleichen Umständen in einem gröfseren Verhältnisse
als in dem des Temperaturunterschiedes beider Körper.
ie minder ausführlichen Behandlungen des Problems der
ng gehören auch die Versuche von RITCHIE[3]. Das
ntialthermometer, dessen er sich dabei bediente, bestand
bis 6 oder gar 8 Zoll im Durchmesser haltenden 0,25
Zoll dicken hohlen Cylindern von Messingblech oder
Zinnplatten, die durch eine U-förmig gebogene Glas-
verbunden waren. Die grofse Menge der in diesen Cy-
enthaltenen Luft mufste beim geringsten Wechsel ihrer
natur den kleinen Cylinder der in der Glasröhre einge-
enen gefärbten Flüssigkeit durch einen grofsen Raum
en, und zugleich waren die äufsern Flächen der Cylin-
r Lampenrufs überzogen. Es ergab sich bei der An-
ng von Gefäfsen mit heifsem Wasser und erhitzten Me-
en im Ganzen, dafs die Intensität der Wärmestrahlung
uadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist. Man
dieses Gesetz sehr allgemein als gültig an, und auch
e Versuche dienen zur Unterstützung desselben, da man
mehin als theoretisch wohl begründet betrachten mufs.
[4] fand jedoch aus seinen Versuchen mit dem Photome-
dafs die Abnahme der Intensität dem einfachen Verhältnifs
Abstande sehr nahe proportional sey, und er sucht dieses

Essay sur le Calorique rayonnant. Génève 1809.
Journ. de Physique. T. LXXV. p. 201. Annals of Philos. T.
100.
Edinburgh Journ. of Science. N. XIV. p. 350.
An exper. inquiry into the nature and propag. of Heat. exp.
16.

mit seiner Theorie zu vereinigen, obwohl andere Vers
auf das Gesetz der Abnahme nach dem umgekehrten quad
Verhältnisse führten. Melloni[1] hat nicht blofs durch
Versuche die Gültigkeit dieses Gesetzes völlig erwiese
dern auch die Ursachen aufgefunden, welche Leslie's
herbeiführten.

233) Bei allen diesen Untersuchungen bleibt die F
beantwortet, ob durch gleiche Beschaffenheit der Ob
ebenso die *Einstrahlung* als die *Ausstrahlung* der W
dingt wird. Zur Beantwortung derselben hat Ritchi
suche mit einem eigens hierzu verfertigten, sehr zwe
gen Apparate angestellt. Dieser besteht aus einem gro
ferentialthermometer mit Cylindern vom dünnsten E
F und G, welche 3 bis 4 Z. hoch und 1 Z. dick auf
den einer an beiden Seiten rechtwinkelig aufgebogen
röhre aufgesteckt sind. Der horizontale Theil AB die
röhre ist etwa 1 Fufs lang, jeder aufwärts gebog
AD, BC vier bis fünf Z. hoch und oben in die K
und D aufgeblasen, um mehr Flüssigkeit aufzunehm
ihr Eindringen in die hohlen Cylinder zu verhinde
innere Hälfte des einen der beiden Cylinder ist durch
rufs geschwärzt oder mit einem sonstigen, die Strahl
fördernden Ueberzuge bedeckt, der andere behält sein
Oberfläche bei. In der Mitte der Glasröhre wird eine
Saule aufgerichtet und auf diese ein hohler Cylin
dünnstem Weifsblech von gleicher Höhe und Dicke,
beiden an den Enden der Glasröhre, gesteckt, dessen e
ticale Hälfte gleichfalls geschwärzt oder mit einem
Ueberzuge versehn ist. Wird der mittlere Cylinder mit
Wasser gefüllt und seine geschwärzte Seite der bla
äufseren Cylinders gegenüber gestellt, so bleibt die Fl
im Differentialthermometer unbeweglich, steigt aber
blicklich, wenn die geschwärzte gegen die gleichfa
schwärzte des äufseren Cylinders gerichtet ist, woraus
vorgeht, dafs die Stärke der Ausstrahlung von der Sc

1 Mém. de l'Acad. T. XIII. p. 572. Bibl. univ. T. XII
Poggendorff's Ann. XXXIX. 566. XLIV. 124.

2 Journ. of the Royal Inst. N. IV. p. 305. Poggendo
XXVIII. 378.

Digitized by Google

ng bei der Gleichheit der Oberfläche gleicher Körper schieden ist. Inzwischen beweiset dieser Versuch Kienrufs unter ganz gleichen Bedingungen, ist aber h nicht für alle übrige Substanzen gültig, wie Mel- Versuche beweisen. Dieser überzog gleiche Kupfer- mit den Substanzen, deren Absorptionsvermögen er n wollte, stellte sie vor die thermoelektrische Säule, Strahlen einer Lampe ohne Schirm darauf fallen und e die Ablenkungen der Nadel. Auf diese Weise er- für Kienrufs 100, Bleiweifs 53, Hausenblase 52, , Gummilack 43, Metallfläche 14. Diese Gröfsen mit den (§. 231) für die Ausstrahlung gefundenen rein, auch ergeben später (§. 264) zu erwähnende , dafs das Absorptionsvermögen der Körper anderen gen, als das Ausstrahlungsvermögen unterliegt, wes- r hier auf diese Untersuchungen verweisen.

Zuerst Rumford[2] und nach ihm mehrere Andere dem Einflusse der Oberflächen der Körper auf die Einstrahlung der Wärme Anwendungen auf technische ge Einrichtungen gemacht. Es liegt nämlich sehr nahe, o oft ebensowohl die Ausstrahlung, als auch die Ein- der Wärme zu verhüten strebt, dafs man hierzu die der die Rauheit der Oberflächen benutzen könne. So lanke Küchengeschirre die Wärme weniger einströmen d daher gröfsern Aufwand an Feuerungsmaterial er- blanke Röhren dagegen die Wärme, die man den zuzuführen wünscht, nicht genügend ausstrahlen las- Oefen mit rauher Oberfläche sind aus diesem Grunde lter als mit glasirter. Benutzt man die durch Röhren Wasserdämpfe zum *Heizen der Zimmer*[3], so dürfen hren nicht blank seyn, denn Tredgold[4] findet das ungsvermögen von Weifsblech = 100, von Glas von Eisenblech mit glatter schwarzer Oberfläche nd von Eisenblech mit brauner Oberfläche = 180,

---

ggendorff's Ann. XXXV. 572.
Mscires. p. 128.
Art. Dampf. Bd. II. S. 406.
rundsätze der Dampfheizung u. s. w. Ueb. von Künz. Leipz. 82.

weswegen letzteres für diesen Zweck am geeigneten
Rumford[1] bemerkt auch, dafs in silbernen Kannen ein
Thee gemacht wird, als in irdenen, weil das Wasser
Ausziehn der Blätter erforderliche Siedehitze länger
Vermuthlich beruht auf der schwierigen Einströmung
me in blanke Flächen die allgemein beobachtete Th
dafs die Stubenfliegen sich zur Herbstzeit so gern
Gegenstände, vergoldete Rahmen u. s. w. zu setzen

235) Obgleich eine Erklärung der bisher erörterten
sachen erst nach der Betrachtung aller damit zusammenh
der und verwandter Phänomene gegeben werden kann,
es doch angemessen seyn, dasjenige vorläufig hier beim
was sich zunächst auf die Wirkungen der Oberflächen
Man nimmt allgemein an, und insbesondere ist diese
stimmtesten durch Leslie ausgedrückt worden, dafs die
Flächen, als solche, die Strahlung hindern, allein Ma
verwirft diese Ansicht. Zuerst fand er, dafs Elfenbein,
und Gagat durch die Politur keine Aenderung des Str
vermögens erleiden und die Erscheinung also blofs bei
len statt findet, bei denen er dann die Ursache davon
dafs polirte Flächen härter sind und durch die Politur
werden, welche Härte dann der Strahlung widersteht
Einen directen Beweis hierfür glaubte er durch Silber
zu können, indem gegossene Platten, wenn sie mit m
ster Vermeidung von Druck polirt waren, nach We
der Politur durch Schmirgelpapier sogar weniger strahl
die polirten, statt dafs bei gehämmerten das Gegent
fand. Wie scheinbar beweisend indefs diese Versuc
seyn mögen, so mufs man doch wohl erwägen, da
Härte der Metalle zwar nach Wegnahme der Politur
Schmirgelpapier als verschwunden zu betrachten seyn
aber nicht beim Ueberziehn mit Lampenrufs, und sie
daher in diesem Falle nicht aufhören, die Strahlung zu
dern, wenn sie es überhaupt vermöchte.

236) Leslie[3] nimmt an, dafs die Wärme von

1 A. a. O. G. LI. 338.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 435. Edinburgh N
Journ. N. LII. p. 299. l'Institut. 6me Ann. N. 241. Pogg
Ann. XLV. 57. Compt. rend. T. VII. p. 298.

3 Hauptsächlich in: Relation of Air to Heat and Moisture.

Digitized by Google

lspern an entfernte durch Undulationen der Luft fortge-
rende, wobei er sich auf die Analogie mit dem Schalle
zugleich aber gesteht, dafs es schwer sey, die eigent-
irt, wie die Strahlung geschehe, klar nachzuweisen,
ch unzweifelhaft der Fall ist. Nach seinen eigenen
n geschieht die Fortpflanzung nicht durch ein Strömen
ft, denn die Bewegung, selbst die gewaltsamste, hat
Einfluss darauf, und die Luft mufs also, ohne ihren
e verändern, die Eindrücke, die sie durch eine Art un-
ischer Bewegung erhält, auf gleiche Weise verbreiten,
e die Eindrücke des Schalles fortpflanzt. Wenn die
ichen, welche dem heifsen Körper am nächsten sind,
h Wärme von diesem aufnehmen, so dehnt sich die
s und beginnt hiermit die Kette der Pulsationen. In-
ese die Oberfläche der Körper berührende Schicht sich
zusammenzieht, giebt sie ihren Ueberschufs von Wärme
nächste ab, die dadurch zur Expansion kommt, und so
e Wellen nach allen Seiten fort.

gen diese Ansicht, dafs die Luft hierbei als Vehikel
streitet aber die durch LAMBERT[1] gemachte Erfahrung,
e Strahlung in verdünnter Luft noch besser statt findet,
sich auch DE SAUSSURE[2] bezieht, insbesondere aber
DALTI[3] durch einen eigenen Apparat dargethan, dafs in
verdünnter Luft die Strahlung dreimal stärker ist, als
ter unter atmosphärischem Drucke. Wird nämlich der
Platindraht a durch den Strom einer Volta'schen Säule Fig.
gemacht, so fängt der Spiegel S′S′ die Wärmestrah- 48.
, sendet sie zum Spiegel SS und bringt das Thermo-
im Brennpuncte desselben zum Steigen. Um den Ein-
er Verschiedenheit der Flächen, z. B. der metallischen
cht metallischen, der polirten und rauhen, mit seiner
hese in Einklang zu bringen, nimmt LESLIE seine Zu-
zu einer mehr oder minder innigen Berührung der Luft
der Flächen, wonach z. B. die Luft von polirten Metall-
n mindestens 0,002 Z. Abstand haben soll. Hiergegen

Pyrometrie. sect. 492.
Essay sur l'Hygrométrie. p. 232.
Library of useful knowledge. T. I. Heat. p. 31. Vergl. Henry
ents of Chimistry. T. I. p. 83.

erinnert aber Ritchie[1] mit Recht, dafs die Wärme sich einmal durch einen leeren Raum von 0,002 kann, sich auch durch einen gröfsern zu bewege seyn müfste. Insbesondere aber stellte Letzterer sultate seiner Versuche entgegen[2], wonach die W auch die nicht leuchtenden, sehr dünne, fast Newt ben zeigende Glasscheiben und Häutchen von Eiw was klebrig gemachtem Wasser durchdringen, was gen eine Bewegung der Luft streite. Leslie such sen Einwurf durch die Hypothese zu beseitige Wärme sich der einen Seite der Schirme mitth der andern dann wieder abgegeben werde, womit Insofern übereinstimmt, als nach ihm die Wär durch transparente Schirme dringen, sondern na Glas auf der einen Fläche erwärmen und dann dern durch secundäre Schwingungen wieder abge soll; bekanntlich aber werden solche transparente S nicht warm. Die ganze künstlich selbst geschaff rigkeit liegt offenbar blofs darin, dafs Leslie Be dem überall verbreiteten Wärmestoffe Undulationen was doch bei der auffallenden Aehnlichkeit zwi und Wärme ebenso einfach als sachgemäfs gewesen dieser so nahe liegenden Hypothese ist man sogar Mühe überhoben, die Aetiologie der Wirkungen chen und des Unterschiedes ihres Verhaltens von d hen nachzuweisen, da die Lichtwellen durch e gleiche Weise afficirt werden. Als genügend dürf letzten Beziehung die Erklärung wohl nicht erschei Leblanc[4] giebt, wonach das stärkere Strahlun rauher Oberflächen eine Folge davon seyn soll, d durch die Rauheit mehr Berührungspuncte darbieten

1 Edinburgh Journ. of Sc. N. XV. p. 157.

2 Philos. Trans. 1826. Edinburgh Journ. of Scienc p. 848.

3 Philos. Trans. 1816. p. 106.

4 L'Inst. 6me Ann. N. 252. p. 346.

Digitized by Google

β) Gesetze des Erkaltens.

) Wir haben bisher die Oberflächen der Körper nur betrachtet, als sie ohne Rücksicht auf die durch die-ingeschlossenen Körper die Wärmestrahlen theils ein-oder herausdringen lassen, theils zurückwerfen und zu-n; wir müssen sie aber nothwendig auch in ihrer Be-zu den eingeschlossenen Massen und die letzteren ksichtlich ihres Verhaltens zur Wärme betrachten, n zu den vielfach untersuchten Gesetzen der *Abküh-*der damit eng verbundenen, ihr entgegengesetzten *Er-*führt. Sollen diese für sich und ohne Rücksicht Einfluss der umgebenden Medien untersucht werden, igentliche Ziel der Aufgabe seyn müfste, so würde werden, blofs die im luftleeren Raume angestellten zu berücksichtigen; da aber solche mit unüberwind-hwierigkeiten verknüpft sind, so wurden die meisten r und trockner Luft angestellt, unter der Voraus-dafs diese auf die Abkühlungsgesetze keinen bedeu-nflufs habe oder mindestens auf diesem Wege ver-Resultate zu erlangen seyen. Erkaltet ein Körper ten Vacuum, so geschieht dieses blofs durch Strah-d die Gesetze hierüber können rein dargestellt wer-ndet er sich aber in irgend einer Umgebung, so ent-e ihm durch Berührung gleichfalls einen, nach ihrer lichen Beschaffenheit verschiedenen Theil seiner Wär-die Erscheinung wird verwickelter. Hieraus wird ärlich, warum die Resultate über dieses Problem so n ausgefallen sind. Uebrigens ist diese Aufgabe von bedeutenden Männern und in solcher Ausführlichkeit worden, dafs es nicht leicht ist, sich bei einer über-Zusammenstellung ihrer Arbeiten kurz zu fassen.

Theoretisch wurde diese Aufgabe zuerst behandelt durch . Dieser dachte sich, um einen besseren Anhaltpunct , eine Kugel, und nahm an, dafs diese, aus einer hen Menge dünner Kugelschichten bestehend, zu-Wärme der äufsersten abgebe, die dann durch die

os. Trans. 1701. N. 270. Princ. L. III. Prop. VIII. Coroll. T. II. p. 423. opusc. XXI.

angrenzenden von der einen zur andern bis zum Centrum
schreitend der Stärke der Spannung gemäfs wieder
werde, woraus folgt, dafs die Zeiten des Erkaltens die
rithmen der Temperaturen welche die Körper im Ve
zu ihrer Umgebung haben, seyn müssen, oder dafs letz
logarithmische Curve bilden. Hierbei blieb er jedoc
stehn, sondern seiner Gewohnheit nach prüfte er die
durch die Erfahrung, wie unvollkommen auch sein
hierzu waren. Zu diesem Ende benutzte er ein von P
später angegebenes thermometrisches Mittel, näm
Schmelzpuncte verschiedener Metalle und sonstiger Kö
hitzte eine hinlänglich grofse Eismasse bis zum Glühe
sie an einen kühlen Ort, wo stets gleichmäfsig frisch
zug herrschte (und die Umgebung daher wahrschein
stets gleichbleibender Temperatur war), und beobach
Zeiten des Erstarrens der verschiedenen darauf gesch
Substanzen. Hierdurch fand er, dafs für die in arith
Reihe zunehmenden Zeiten die Temperaturunterschie
schen der erkaltenden Masse und der Umgebung in g
metrischen Reihe abnahmen, was man seitdem das Ne
Gesetz des Erkaltens genannt hat. Dieses Gesetz
durch Fourier[2] und Poisson[3] vermittelst eines ebenso
als höchst eleganten Calcüls ausführlich entwickelt wu
doch gestatten diese classischen, hauptsächlich für di
matiker höchst interessanten Arbeiten keinen kurzen
Die zahlreichen Bemühungen der übrigen Gelehrten
sich vorzugsweise, wo nicht ausschliefslich, darauf,
setz durch die Erfahrung zu prüfen, und hiervon w
das Wichtigste kurz mittheilen.

239) Zuerst wollte Martine[4] aus seinen Ver
funden haben, dafs das Newton'sche Gesetz mit der
nicht übereinstimme, wie Amontons[5] schon früher

1 S. Art. *Pyrometer*. Bd. VII. S. 109.
2 Théorie analytique de la Chaleur. Par. 1822. 4. Ch
428 ff.
3 Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. 4.
et III.
4 Dissertation sur la Chaleur. Par. 1751. p. 69.
5 Mém. de l'Acad. de Par. 1702. p. 1 ff.

Digitized by Google

il er den eigentlichen Sinn Newton's nicht ver-
.RNAART[1] folgerte anfangs aus seinen Versuchen,
HENBROEK der Wahrheit näher gekommen sey, in-
ehme, dafs von der geometrischen Progression eine
e abzuziehn sey, wenn man das Gesetz der Ab-
nau bestimmen wolle. Kraft und nach ihm Rich-
den, dafs das Newton'sche Gesetz mindestens an-
htig sey, wenn der Ueberschufs der Wärme des er-
Körpers über die der Umgebung nicht mehr als etwa
° C. betrage, für höhere Temperaturen aber nicht
Dagegen zeigte Lambert[3] die Uebereinstimmung
ohne diese Beschränkung, sowohl mit theoretischen
als auch mit den Resultaten seiner eigenen Versu-
ntwickelte Formeln zur Berechnung der verschiede-
; allein Erxleben[4] folgerte aus seinen Versuchen,
ch stets weiter von der Wahrheit entfernen werde,
er Unterschied der Temperaturen des erkaltenden
d seiner Umgebung sey, und dafs man daher das
setz nicht weiter ausdehnen könne, als die Erfah-
. In seinen Untersuchungen über das Verhalten
berührte Leslie[6] gleichfalls diese Aufgabe, und
rch seine Versuche dahin, dafs das Newton'sche
Allgemeinen als gültig anzunehmen sey, jedoch er-
Beschaffenheit der Oberfläche des abkühlenden Kör-
merkbaren Unterschied. Nach ihm verliert der Kör-
Wärme theils durch die eigenthümliche ableitende
uft, theils durch das Aufsteigen der durch Berüh-
nten Luft, theils endlich durch wirkliche Strahlung,
teres die eigentliche Aufgabe betrifft, so sucht er
ösen zu trennen, ohne dabei auf Versuche, im
aume angestellt, zu fufsen. Dalton[7] prüfte Leslie's

—

rt. inauguralis. Traj. ad Rhen. 1772.
Comm. Petrop. T. I. p. 174.
metrie §. 254 ff.
Comm. Soc. Gott. T. VIII. p. 74.
os's Versuche über das Erkalten von Kugeln in Hist.
ed. Sorrini übergehe ich, weil die thermometrischen Be-
s wenig genau sind.
iry into the nature of Heat. Lond. 1804.
neues System des chemischen Theiles der Naturwissen-

Sätze, die er im Ganzen als gültig anerkennt, zum
widerlegt, den wesentlichsten Theil seiner Untersuch
den aber vier Versuchsreihen, durch welche er s
verschiedenen Modificationen das angegebene Gese
fand, wonach die Temperaturen für gleiche Zeit
einer geometrischen Progression abnehmen. Dieses
aber nach DALTON nur dann richtig, aber auch al
tig, wenn die gewöhnliche Thermometerscale nach
gabe abgeändert wird, worauf jedoch die Physik
noch nicht eingegangen sind.

240) Die französischen Gelehrten haben viel fü
hellung dieses Problems gethan; wir besitzen von
sehr gehaltreiche Abhandlungen, unter denen die
ROCHE[1] den Anfang macht. Dieser folgerte aus sei
chen, dafs das Newton'sche Gesetz, wonach zwei
verschwindend kleinen Zeiten sich wechselsweise
freien Wärme eine ihren ungleichen Wärmemengen
Unterschiede der Temperaturen beider proportionale
theilen müssen, nur annähernd, und zwar für gerin
raturunterschiede, nicht aber allgemein, gültig sey.
peraturen unter 200° C. gebrauchte er ein eisernes,
silber gefülltes Gefäfs, dessen Temperatur er verm
eingesenkten Thermometers mafs, für höhere T
wählte er eine kupferne Kugel, die er bis zum
hitzen konnte und deren Wärme in einem solche
er aus derjenigen Quantität bestimmte, die sie, m
auf die verschiedene Wärmecapacität beider Körper
messenen Menge Wasser mittheilte.' Zum Messe
gestrahlten Wärme diente ihm ein feines Thermome
schwärzter Kugel, in andern Fällen aber wand
Würfel von Eis an, deren Gewicht genau bestimm
die erhaltene Wärme aus dem Antheile, der von il
gebener Zeit geschmolzen war, gemessen wurde.

---

schaft. Th. I. S. 114 ff. W. RITCHIE in Edinb. Phil. Jou
p. 281. XXIII. p. 15 stellt gleichfalls Betrachtungen über
hauptungen an, die mir aber von untergeordnetem We
scheinen.

1 Sur le calorique rayonnant. In Journ. de Phys. T
201. Nach der Darstellung in BIOT Traité. T. IV. p. 625.

Digitized by Google

Wirkungen zu erhalten, bediente er sich zweier Pictet'-
piegel, nachdem er sich überzeugt hatte, dafs hierdurch
ierer Effect, als durch directe Einwirkung erzeugt wer-
hierbei erforderlichen Vorsichtsmafsregeln, um ander-
störende Einflüsse, namentlich der umgebenden Luft,
ren, blieben von ihm nicht unberücksichtigt. Bei
Versuche wartete er, bis das Thermometer, welches die
Kugeln auffing, stationär wurde, und wenn dann die
Grade letzteren durch t, die Grade des hunderttheiligen
meters im Quecksilber durch T ausgedrückt werden, so
drei Reihen von Versuchen folgende Gröfsen:

Erste Reihe.

Nr.	T	t
Versuch 1	81°	4°,7
2	89	4,5
3	131	9,1
4	172	13,1
5	175	14,6
6	205	17,4

Zweite Reihe.

Nr.	T	t
Versuch 1	41°,4	1°,69
2	42,3	1,69
3	42,4	1,46
4	80,2	3,56
5	80,8	3,56
6	82,4	3,56
7	134,0	7,06
8	135,3	7,57
9	158,5	10,73
10	162,1	9,66
11	175,4	12,32
12	187,5	13,52

man die Werthe der T als Abscissen nimmt und die
der t als Ordinaten darauf fällt, so läfst sich der un-
ichen Abweichungen ungeachtet die erhaltene Curve
e Gleichung

$$t = aT + bT^3$$

en, worin a und b zu bestimmende Constanten sind.
t dieselben bestimmt, und findet, dafs hiernach die Be-
gen mit der Theorie sehr gut übereinstimmen, indefs
sich die Angabe des Delaroche, dafs die Abwei-
vom Newton'schen Gesetze sehr schnell abnimmt und
peraturen, die 100° C. nicht übersteigen, gänzlich ver-
et. Die Berechnung einiger andern Versuchsreihen mit
kleinen Kugel, deren Temperatur auf die angegebene
in dem Momente gefunden wurde, als das Thermome-
stär war, solcher, wobei Thermometer mit geschwärz-
el freien Kugeln oder auch schmelzende Eisstücke die

Wärme anzeigten, sowohl bei der Anwendung von
als auch bei freier Strahlung, liefs die nämliche F
nur waren die Constanten a und b verschieden, wie
in voraus vermuthen liefs[1]. Dafs übrigens der Ei
Luft auf die durchgehenden Wärmestrahlen nicht
tet bleiben dürfe, konnte beiden Physikern nicht
gehn.

241) Unter den (§. 230) erwähnten Versuchen,
Rumford das Wesen der Wärmestrahlung auszumitt
befindet sich auch eine schätzbare Reihe, die er üb
setze des Erkaltens der Körper mit grofser Umsich
Zu diesem Ende füllte er zwei der beschriebenen Ge
mit blanker Oberfläche, das andere mit dünnem Mus
zogen, mit heifsem Wasser, senkte in jedes ein Th
dessen Scale zum Ablesen herausstand, hing sie
Fäden in einem grofsen Zimmer auf, dessen Läden
ren verschlossen blieben, um Luftzug zu vermeiden
Temperatur während der ganzen Zeit der Beobachtu
ändert zu erhalten, und beobachtete dann den Gang
mometers mit einem Fernrohre von aufsen. Das bl
fäfs erkaltete ungleich langsamer, als das bekleidete
schen zeigt Biot, dafs die Resultate beider Versuch
durch die Formel

$$\text{Log.}T = \text{Log.}T_a - \frac{a}{M}t$$

sehr annähernd ausdrücken lassen, worin T den Ueb
Temperatur des Gefafses über die der Umgebung in
benen Zeit bezeichnet, a einen beständigen Coefficien
den Modulus der gemeinen Logarithmen = 2,302585
nen. Aus der Bestimmung von $T_a = 109^0,5 - 43^0,5$
wurde mit Weglassung der ersten, durch äufsere Ei
sehr bedingten Resultate der Werth von $\frac{a}{M} = 0,001$
die mit dem blanken Gefafse und $\frac{a}{M} = 0,00264483$

1 Delong und Petit haben in ihrer sogleich zu er
Abhandlung eine der Versuchsreihen von Delaroche nach
mel berechnet, und es ergiebt sich daraus, dafs das von
gefundene Gesetz auch auf diese Beobachtungen Anwendung

eideten erhaltenen Gröfsen gefunden. Biot[1] machte
e Versuchsreihe auf dem Hospitium des St. Bernhard,
eine massive vergoldete Kugel von Kupfer nahm, die
m Etui von Weifsblech liegend so lange in sieden-
ser eingetaucht hielt, bis das in ihr steckende Ther-
stationär wurde, dann an drei Fäden in einem geräu-
mmer aufhing, dessen Temperatur sich nicht merklich
nd die Unterschiede der Temperaturen der Kugel und
rs in gemessenen Zeiten aufzeichnete. Die dritte Be-
gab $T_o = 53° - 12°,2 = 40°,8$ C. und diese mit
$T_o = 32° - 12°,2 = 19°,8$ für das Zeitintervall
3 verbunden gab $\frac{a}{M} = 0{,}00469841$. Die berechneten
immten mit den beobachteten bis auf die unvermeid-
ergrenze genau überein. Aus frühern, schon in Pa-
llten Versuchen fand Biot $\frac{a}{M} = 0{,}00050936$; allein
ese Bestimmung für weniger genau, und bemerkt au-
dafs die Werthe von a nicht stets gleich seyn kön-
die Zimmer, wie grofs sie auch seyn mögen, in Folge
affenheit ihrer Wände verschiedenen Einflufs äufsern,
h der Umstand kommen dürfte, dafs die Kugel durch
gen Gebrauch einige Veränderung ihrer Politur erlitten
UMFORD brachte seine Gefäfse nach dem Abkühlen in
s Zimmer und beobachtete die Zeit der Temperaturerhö-
d Biot zeigt, dafs auch hierauf das logarithmische
wendung leidet, jedoch mufs der Coefficient a anders
werden. Nicht minder zeigt sich dieses Gesetz an-
uf einige Versuchsreihen, welche Biot in Gemein-
Decandolle anstellte, indem Beide verschlossene,
igkeiten gefüllte, Gefäfse in grofsen Behältern mit
ıkühlen liefsen und die Verminderungen der Tempe-
h eingesenkte empfindliche Thermometer mafsen. Das
sen der die Flüssigkeiten enthaltenden Gefäfse ist des-
thwendig, weil sonst die Verdampfung eine nicht
berechnende Bedingung herbeiführt, und zugleich mufs
Abkühlung dienende Gefäfs von hinlänglicher Gröfse
mit das Wasser in demselben seine Temperatur nicht

[1] ité. T. III. p. 621.

ändert, indem es sonst durch anderes ersetzt werde
um es bei constanter Wärme zu erhalten. Bei zwei
reihen, in denen Schwefelsäure zuerst erwärmt und da
kühlt wurde, war für die erste der Werth von $\frac{a}{M} = 0{,}00$
und für die zweite $\frac{a}{M} = 0{,}0004841826$, welches zei
die Erwärmung schneller, als das Erkalten fortschrit
bei beiden die nach der angegebenen Formel berechne
the mit den beobachteten bis auf geringe Unterschie
einstimmten, so liegt hierin ein Beweis, dafs das dem
TON aufgestellte logarithmische Gesetz auf diese F
innerhalb der Grenzen der in den Versuchen statt g
Temperaturen anwendbar sey.

242) Die ausgedehnteste Reihe mit gröfster Umsi
stellter Versuche haben DULONG und PETIT[1] in ihrer
ten Preisschrift über dieses Problem geliefert. Sie wa
den zuvörderst die Gesetze der Abkühlung im leere
von der in flüssigen Medien[2], und bemerken zugleich
es müsse eigentlich ein so kleiner Körper untersucht
dafs alle seine Theilchen als gleich warm zu betrachte
was aber eine unmögliche Aufgabe seyn würde. D
die Schwierigkeit möglichst zu umgehen und die Ve
der Wärme von seinem Centrum bis zur Oberfläche
auszumitteln, wählten sie Flüssigkeiten als diejenig
stanzen, bei denen sie die Gesetze der Abkühlung ach
beabsichtigten, und zwar zuerst das in der Thermom
eingeschlossene Quecksilber. Dabei wurde aber vora
fordert, den Einfluss des Gefäßes des erkaltenden Kör
zumitteln und zu erforschen, ob die Gesetze des Erkalt

1 Ann. de Chim. et Phys. T. VII. p. 225. Thomson's A
Philos. T. XIII. p. 113. Journ. de Phys. T. LXXXVI. Seit
Journ. XXV. 304.

2 Da es zu weit führen würde, alle die älteren zahlrei
suche mitzutheilen, so begnüge ich mich, die von PICTET an
nur beiläufig zu erwähnen. Er hing ein Thermometer in einen
Ballon auf, erhitzte dasselbe durch Wärme von Kerzen, d
einen Metallspiegel reflectirt wurde, und mafs die Zeit des
im leeren Raume und in verschiedenen elastischen Flüssigke
Versuch über das Feuer Cap. IV., V. u. VI. S. 81 ff.

Digitized by Google

Natur der Flüssigkeiten oder von der Gestalt und Be-
eit der Hülle abhängen, worin sie eingeschlossen sind.
chnung dienten folgende Elemente. Wäre der Unter-
r Temperaturen des erkaltenden Körpers und des um-
Mediums in den Zeiten $0', 1', 2', 3', \ldots t' = A, B, C \ldots T$,
unter Voraussetzung der Richtigkeit einer geometri-
gression $B = Am$, $C = Am^2$ seyn, worin m einen
hiedene Flüssigkeiten besonders zu bestimmenden Coef-
bezeichnet. Sie fanden jedoch bald, dafs dieses New-
Gesetz für höhere Temperaturen nicht genügt, und sie
daher den Ausdruck $Am^{\alpha t + \beta t^2}$, worin die Gröfsen
d β zu bestimmen sind, um die Fehler der unmittel-
obachtungen zu corrigiren. Zuerst verglichen sie 3
eter A, B, C, deren Kugeln 2, 4 und 7 Millim.
ser hatten, berechneten nach der angegebenen Formel
chteten Abkühlungen und erhielten hiernach folgende

Tempera-turunter-schied	Abküh-lung des Therm. A.	Abküh-lung des Therm. B.	Abküh-lung des Therm. C.
100°	18°,92	8°,97	5°,00
80°	14,00	6,60	3,67
60°	9,58	4,56	2,52
40°	5,93	2,80	1,56
20°.	2,75	1,30	0,73

n die Verhältnisse der zweiten zur dritten Columne
o erhält man:

,11 .... 2,12 .... 2,10 .... 2,12 .... 2,11;

ten zur vierten Columne:

,78 .... 3,81 .... 3,80 .... 3,80 .... 3,77.

t sich aus der Gleichheit dieser Verhältnisse, dafs die
Gröfse der Thermometer innerhalb derjenigen Gren-
zu welcher die Versuche sich erstreckten, auf den
Abkühlung keinen Einflufs ausübt. Zunächst such-
uszumitteln, ob die Gesetze der Abkühlung bei ver-
n Flüssigkeiten ungleich sind, und da die damalige
ntschaft mit dem Gange der Ausdehnung tropfbarer
eiten durch Wärme nicht erlaubte, mit den zu unter-

suchenden Flüssigkeiten gefüllte Thermometer anzuwend
wählten sie ein anderes Verfahren, nämlich den Gang d
kaltens verschiedener Flüssigkeiten in der nämlichen H
beobachten. Ein eingesenktes Thermometer zeigte die
zeitige Temperatur, und es ergab sich bald, dafs diese
len Stellen gleich war, was ihnen eine Folge der Wir
tung im Innern zu seyn schien[1]. In drei Versuchsrei
denen Quecksilber mit Wasser, absolutem Alkohol un
centrirter Schwefelsäure verglichen wurden, zeigte sich
bei allen Flüssigkeiten das nämliche Gesetz der Erkaltu
findet. Ferner suchten sie den Einfluss der Hüllen a
Gesetz des Erkaltens auszumitteln und wählten daher
eine von Glas, die andere von Zinnblech, mit Was
welche folgende Resultate gaben:

Unterschied der Temperatur	Abkühlung der Glaskugel	Abkühlung der Zinnkugel	Verhältnifs
60°	1°,39	0°,90	1,54
50	1,13	0,73	1,55
40	0,85	0,54	1,57
30	0,62	0,38	1,63
20	0,37	0,21	1,76

Die Zahlen der vierten Columne wachsen stets, und e
sich hieraus, dafs die Abkühlung in Glas langsamer
tet. Leslie hatte dieses bereits gefunden und daher
aufgestellt, dafs diejenigen Hüllen am schnellsten
welche am wenigsten strahlen, Dulong und Petit
den, dafs die Temperaturen hierbei einen Unterschied
führen, indem der Gang der Erkaltung, welcher für
Temperaturen der schnellste ist, in höhern der langsam
In der gegebenen Uebersicht nehmen die in der vier
lumne enthaltenen Verhältnisse ab, wie die Temperatur

1 Dieses Resultat ist auffallend. Zwar beschränken
achter diesen Satz blofs auf die geringen Massen, womit
mentirten, übrigens aber ist bekannt, dafs bei Flüssigkeit
stande der Ruhe, besonders bei Wasser, die wärmeren T
emporsteigen, die kälteren herabsinken, worauf namentlich
suche zur Auffindung des Maximums der Dichtigkeit beruhe.

Digitized by Google

, für noch höhere Temperaturen würden sie aber wie-
chsen, und da alle Gröfsen, welche im Fortschreiten ihr
ändern, in einem gewissen nicht grofsen Umfange sich
leich bleiben, so finden sie hierin den Grund des Irr-
wozu Leslie verleitet wurde, und verkennen dabei zugleich
dafs dieses ein sehr bedeutender Punct ist, welcher bei
stellung der Erkaltungsgesetze Berücksichtigung verdient.
darauf vergleichende Versuche mit zinnernen Gefäfsen von
n Inhalte, aber verschiedener Form anstellten, ergab sich
allen gleiches Verhältnifs des Erkaltens. Durch diese
gen Versuche war also ausgemacht, dafs das Gesetz des
s der Flüssigkeiten, obgleich mit der einschliefsenden
rechselnd, dennoch von der Natur der Flüssigkeit und
n der Gefäfse unabhängig sey.

3) Um den Gang des Erkaltens zu messen, bedienten sich
s und Petit zweier Thermometer, deren eins eine Ku-
etwa 2, das andere aber von etwa 6 Centimeter Durch-
hatte, beide sehr genau und von der Kugel bis zum
der Scale mit einem sehr engen Zwischenröhrchen
; das kleinere diente für höhere, das gröfsere für nie-
Temperaturen, die Vergleichung beider gab aber das
des Erkaltens. Der Umfang der Versuche erforderte eine
hierfür hergestellte Vorrichtung. Die Hülle, in wel-
ie Abkühlung statt fand, war ein Ballon M′M′M″M″ Fig.
upferblech, ungefähr 3 Decimeter im Durchmesser hal- 49.
essen oberer Rand eben geschliffen war. Derselbe wur-
n den Hals in ein cylindrisches, mit Wasser gefülltes
s Gefäfs getaucht und in seiner Stellung durch die
Holzstäbe RR′, RR′ festgehalten. Im Innern war der
mit Lampenrufs geschwärzt, um Rückstrahlung zu hin-
d zu bewirken, dafs alle erhaltene Wärme an das um-
Wasser überging. Sollte letzteres erwärmt werden,
hah dieses mittelst Wasserdampf, welchen das Rohr
führte. Die Oeffnung des Ballons wurde durch eine
genau aufgeschliffene Glasplatte AB mittelst etwas Po-
stdicht verschlossen, durch deren Mitte das eingekittete
rmittelst eines Korkes eingesteckte Thermometer mit
Kugel bis genau in die Mitte des Ballons herabging.
ie Scale des Thermometers wurde ein mit seinem
ficken Rande auf die Glasplatte AB aufgeschliffener

gläserner Cylinder gestürzt, dessen oberes Ende mit ei
sung und einem Hahn versehn, zugleich aber mit de
samen Bleirohre ET verbunden war. Das Ende des
liefs sich in den Teller einer Luftpumpe HK schraub
eine Barometerröhre diente zugleich, den Luftdruck
Kugel zu bestimmen. Ein Hahn T' war bestimmt,
bindung mit dem Glasrohre m'm, worin sich Chlorcal
fand, herzustellen, die Campane V aber, in eine pne
Wanne gesenkt, diente dazu, verschiedene Gasarten in
her exantlirten Ballon zu bringen. Das Thermomet
bis nahe zum Siedepuncte des Quecksilbers erhitzt
in den Ballon gesenkt. Sollten dann die Beobachtu
Guericke'schen Vacuum oder in atmosphärischer Luft
werden, so gingen die Vorbereitungen so schnell vo
dafs das Thermometer nur bis 300° herabging, das
von Gasarten erforderte aber mehr Zeit und die Be
gen konnten daher erst bei 250° C. beginnen; die Zei
den vermittelst einer Secundenuhr gemessen, mufsten
corrigirt werden, und zwar zuerst wegen der Abkü
Scale des Thermometers, die sehr bald die Temper
äufsern Luft annahm, und dann wegen der ungleic
Ausdehnung des Quecksilbers, wonach eine Reductio
Lufttthermometer erforderlich war. Waren demnächst
ten des Erkaltens und die ihnen zugehörigen Tem
gefunden, so theilten die Beobachter jede Reihe
Theile, und berechneten jede nach der Formel $m^{\alpha t+\beta}$
t die Zeit t bezeichnen, wobei jedoch eine Correcti
derlich war, die ihrer Geringfügigkeit ungeachtet
vernachlässigt werden durfte, nämlich die durch das
ken des kälteren Quecksilbers aus der Scale in die K
springende. Endlich mufste das ungleiche Strahlungs
der Oberfläche des erkaltenden Körpers berücksichtigt
und zugleich durfte ihre Beschaffenheit sich während
des Versuches nicht ändern. Hierfür schien ihnen Gl
meisten und Silber als am wenigsten ausstrahlend a
netsten zu seyn, und sie liefsen daher die Kugel ihr
mometer entweder nackt oder überzogen sie mit einer
Lage Silber, in der Erwartung, dafs die hiermit ge
Gesetze auf alle andere Körper anwendbar seyn würde

Digitized by Google

der Untersuchung der *Abkühlung im Vacuum* be-
ie gefundenen Werthe einer Correction, welche zwar
ig ist, aber doch nicht zu vernachlässigen schien,
lie aus dem zurückbleibenden Antheile von Luft ent-
e. Es war leicht, diese Gröfse aufzufinden, da die
ng in der Regel bis 2 Millim. hergestellt wurde; denn
Vergleichung der in verschieden dichter Luft erhalte-
the ergab sich der Einflufs der Luft überhaupt und
nn für den jederzeit bei den Versuchen noch vorhan-
ingen Antheil abgezogen werden, vorzüglich da dieser
in einfaches Gesetz befolgte.

Wenn das Erkalten eines Körpers im Vacuum durch
blofs vom Ueberschusse seiner Temperatur über die
um einschliefsende Hülle abhinge, so würde folgende
ng zur Auffindung eines allgemeinen Gesetzes führen.
die Temperatur der einschliefsenden Hülle, $t + \Theta$ die
enden Körpers, die Geschwindigkeit der Abkühlung
i $V = 0$ für $t = 0$ werden müfste), so wäre

$$V = F(t + \Theta) - F(\Theta),$$

die unbekannte Function der absoluten Temperatur
t, welche das Gesetz der Strahlung darstellt. Wären
i Functionen $F(t + \Theta)$ und $F(\Theta)$ den veränderli-
ölsen direct proportional, so würden sie die Form
Θ) und $m(\Theta)$ erhalten und die Geschwindigkeit der
ng wäre mt. Dieses gäbe das *Richmann'sche Gesetz*,
die Geschwindigkeit der Abkühlung dem Ueberschusse
peratur des erkaltenden Körpers über die den Raum
ßende Hülle direct proportional ist, und einige Versu-
len hinreichen, den beständigen Coefficienten m aus-
; allein die Versuche ergaben, dafs jenes Gesetz nicht
Temperaturen gültig ist, wie man bis dahin voraus-
Hiernach hängt also jene Function sowohl von dem
usse der Temperatur des erkaltenden Körpers über die
n umgebende Hülle ab, als auch von der absoluten
ur der letzteren, also von Θ. Um dieses auszumitteln,
sie das die kupferne Kugel umgebende Wasser bei
turen, die um 20° C. verschieden waren und während
er der Beobachtungen unverändert blieben. Die hierbei
eten Geschwindigkeiten des Erkaltens $= V$ sind in der
n Uebersicht enthalten.

t	V bei 0°	V' bei 20°	V'' bei 40°	V''' bei 60°	V'v bei 80°
240°	10°,69	12°,40	14°,35	—	—
220	8,81	10,41	11,98	—	—
200	7,40	8,58	10,01	11,64	13°,45
180	6,10	7,04	8,20	9,55	11,05
160	4,89	5,67	6,61	7,68	8,95
140	3,88	4,57	5,32	6,14	7,19
120	3,02	3,56	4,15	4,84	5,64
100	2,30	2,74	3,16	3,68	4,29
80	1,74	1,99	2,30	2,73	3,18
60	—	1,40	1,62	1,88	2,17

Sucht man für die einzelnen Glieder dieser Colu
Werthe von $\frac{V'}{V}$, $\frac{V''}{V'}$ u. s. w., so liegen diese Quotienten
1,15 und 1,18, wodurch also folgendes Gesetz begrün
die Geschwindigkeit der Abkühlung eines Thermo
Vacuum für einen beständigen Unterschied der Te
wächst im geometrischen Verhältnisse, wenn die Te
der Umgebung in einem arithmetischen Verhältnisse
und jene geometrische Progression ist die nämliche,
der Unterschied beider Temperaturen seyn mag.
läfst sich also die oben aufgestellte Formel für die G
digkeit des Erkaltens im Vacuum, nämlich

$$F(t+\Theta)-F(\Theta),$$

auf den einfachen Ausdruck

$$\varphi(t)\times a^{\Theta}$$

zurückbringen, worin a eine beständige Gröfse und φ
Function der veränderlichen Gröfse t ist, welche b
stimmt werden mufs. Aus der Gleichheit beider Fu
folgt

$$\frac{F(t+\Theta)-F(\Theta)}{a^{\Theta}}=\varphi(t).$$

Dieses in eine Reihe entwickelt giebt:

$$\varphi(t)=t\frac{F'(\Theta)}{a^{\Theta}}+\frac{t^2}{2}\cdot\frac{F''(\Theta)}{a^{\Theta}}+\frac{t^3}{2.3}\cdot\frac{F'''(\Theta)}{a^{\Theta}}+$$

und da diese Gleichung für alle Werthe von t gül
mufs, so erhält man

$$F'(\Theta)=n.a^{\Theta},$$

Digitized by Google

eine unbestimmte Zahl bezeichnet. Hieraus ergiebt

$$F(\Theta) = m.a^{\Theta} + \text{einer Constante.}$$

kann der Kürze wegen $\frac{n}{\text{Log. } a} = m$ gesetzt, so ist

$$F(t+\Theta) = m.a^{t+\Theta} + \text{einer constanten Gröfse.}$$

folgt endlich für den Werth der Geschwindigkeit

$$V = m.a^{\Theta}(a^t - 1)$$

Ausdruck der Geschwindigkeit der Abkühlung im Va-
Bleibt Θ unverändert, so ist dieses auf gleiche Weise
bei ma^{Θ}. Wenn also ein Körper im Vacuum erkal-
die umgebende Hülle ihre Temperatur nicht ändert, so
die Geschwindigkeit des Erkaltens für die in arithme-
Progression steigenden Temperaturen in einer geometri-
leihe. Das Verhältnifs von a für diese Progression ist
Beobachtungen leicht aufzufinden, denn wenn nach der
alten Tabelle der Werth von Θ um 20° C. wächst, t
h gleich bleibt, so geben die gesammten Quotienten

....., die zwischen 1,15 und 1,18 fallen, im Mittel

und man erhält also

$$a = \sqrt[20]{1{,}165} = 1{,}0077.$$

s und Petit haben nach dieser Formel die beobachte-
ßen berechnet, wobei $m.a^{\Theta}$ für jede Reihe einen ver-
nen Werth erhalten mufs. Für die erste Reihe, worin
war, ist $a = 1{,}0077$ und $m.a^{\Theta} = 2{,}037$, also

$$V = 2{,}037\,(a^t - 1);$$

zweite Reihe, worin $\Theta = 20$ war, mufs der eben ge-
Coefficient mit $a^{20} = 1{,}165$ multiplicirt werden, und
t

$$V = 2{,}374\,(a^t - 1).$$

dieser Coefficient wieder mit 1,165 multiplicirt, so er-
n für die dritte Reihe

$$V = 2{,}766\,(a^t - 1)$$

fort für die folgenden

$$V = 3{,}222\,(a^t - 1)$$

und

$$V = 3{,}754\,(a^t - 1).$$

Die auf diese Weise durch Rechnung gefundenen Wer
men mit den beobachteten so genau überein, als die
grenze bei solchen Versuchen gestattet, wie folgende
menstellung der ersten Reihe zeigt:

10,69; 8,81; 7,40; 6,10; 4,89; 3,88; 3,02; 2,30;
10,68; 8,89; 7,34; 6,03; 4,87; 3,89; 3,05; 2,33;

245) Hiernächst wurden einige Beobachtungsreih
stellt, wobei die Thermometerkugel übersilbert war.
sich bald, dafs hierbei das nämliche Gesetz statt fand
her die erhaltenen Gröfsen nach der nämlichen Forme
net werden konnten, wobei a seinen Werth behielt,
$= 0{,}357$ gefunden wurde, also $ma^{\Theta} = 0{,}416$, weil
war. Die Berechnung nach der Formel

$$V = 0{,}416\,(a^t - 1)$$

angestellt gab die folgenden, mit den beobachteten ve
gestellten Werthe für die Temperaturunterschiede der
meter und der umgebenden Hülle = t.

Werthe von t	V beobachtet	V berechnet
280°	3°,05	3°11
260	2,59	2,61
240	2,18	2,18
220	1,83	1,81
200	1,53	1,50
180	1,26	1,23
160	1,02	1,00
140	0,81	0,80
120	0,62	0,62
100	0,47	0,48
80	0,34	0,35
60	0,24	0,24
40	0,15	0,15
20	0,07	0,07

Für eine folgende Reihe, wobei $\Theta = 80$ war, mufste
gefundene Coefficient mit a^{60} multiplicirt werden; e
daher

Digitized by Google

$$V = 0{,}658\,(a^t - 1),$$

hierbei zeigte sich eine gleiche Uebereinstimmung der
n und der durch Rechnung gefundenen Werthe.

sultate der Beobachtungen lassen sich also durch die
mel

$$V = M\,(a^t - 1)$$

, wenn man $M = m\,a^{\Theta}$ setzt. Indem aber a von
fenheit der Oberfläche unabhängig ist, so folgt hier-
das Gesetz des Erkaltens im Vacuum für alle Kör-
: ist und also das Strahlungsvermögen der ver-
Substanzen in allen Temperaturen das nämliche
beibehält, während die Geschwindigkeit des Erkal-
das ungleiche Strahlungsvermögen der Oberfläche
d. Für Glas und Silber fanden Dulong und Pe-
Verhältnifs = 5,7, etwas geringer als Leslie, ver-
swegen, weil die von ihnen angewandte silberne
gefirnifst war.

n für die Geschwindigkeit des Erkaltens gefunde-
ie läfst sich leicht das Verhältnifs zwischen den
n und den Zeiten herleiten. Heifst die Zeit x, so

$$V = -\frac{\partial t}{\partial x} = M\,(a^t - 1), \text{ also } \partial x = \frac{-\partial t}{M\,(a^t - 1)}$$

$$x = \frac{1}{M \cdot \text{Log. } a}\left(\text{Log. } \frac{a^t - 1}{a^t}\right) + C,$$

d die Constante bestimmt werden können, wenn
bachteten Werthe von t hat, welche zwei be-
nen der Zeit x zugehören. Wird hierin t so klein
fs bei der Kleinheit des Log. a man sich mit dem
der für a^t zu entwickelnden Reihe begnügen
alt man das Newton'sche Gesetz.

e nächste Aufgabe war, den Einfluss auszumitteln,
verschiedenen *umgebenden Medien* auf das Erkal-
Um den Einfluss der Gase unter verschiedenem
von ungleichen Temperaturen zu finden, war blofs

erforderlich, die Gröfse der durch die Strahlung allein
Strahlung im Vacuum abgegebenen Wärme von de
Anwesenheit einer Gasart beobachteten Werthen
was jedoch, da sich die Untersuchung auf mehrere
erstreckte, eine grofse Menge Versuche erforderte,
beobachteten Gröfsen auf die oben angegebene Wei
net und aus mehreren Reihen die mittleren Werthe
wurden.

247) Zuerst mufste die Frage beantwortet werde
Beschaffenheit der Oberfläche, welche auf das Stra
mögen einen so bedeutenden Einflufs hat, diesen ans
kalten in verschiedenen Gasarten zeigt. Hierfür wa
lich, die Erkaltung des nackten und bekleideten Th
in einer Gasart von bestimmter Dichtigkeit und Te
beobachten. Von den vielen Versuchsreihen werd
zwei wichtigsten, die eine mit dem grofsen Thermo
ches zuerst nackt, dann übersilbert angewandt wurd
unter 0,72 Met. Druck und bei 20° C. Wärme
bung, die zweite mit dem kleinen Thermometer
stoffgas unter 0,74 Met. Druck und bei 20° C.
Umgebung angestellt, hier mitgetheilt, deren gen
einstimmung bei der so grofsen Verschiedenheit der
gen zu dem Schlusse berechtigt, *dafs der Verlust*
welcher durch die Berührung irgend einer Gas
wird, unter übrigens gleichen Bedingungen
schaffenheit der Oberfläche des erkaltenden Körpers
abhängig ist. Auf dieses wichtige Gesetz war
indirect gleichfalls geführt worden, allein ohne eigentli
welcher obendrein mit seiner Hypothese nicht wohl
wonach die Gase den Körpern Wärme theils durch
tung, theils durch das Aufsteigen derselben und
folgenden Zutritt stets neuer Theilchen zum erkalte
per entziehn.

In Gemäfsheit des angegebenen Gesetzes war
ter erforderlich, als die folgenden Versuche mit dem
deten Thermometer anzustellen, welches auch gesch
mitgetheilten Uebersichten ist aber blofs derjenige
Erkaltens, welcher durch den Einflufs der Gasarte
wird, nach Abzug des durch die Strahlung erfolgen
getheilt. Die erste Versuchsreihe bezog sich auf

Digitized by Google

g der Frage, ob die Temperatur der Hülle einen Ein-
d die Geschwindigkeit des Erkaltens habe. Als daher
hlung in Luft unter 0,72 Met. Druck von 20°, 40°,
d 80° C. untersucht wurde, zeigte sich, dafs die Ge-
igkeit des Erkaltens in allen vier Reihen sich gleich
nd ebendieses ergab sich, als vier gleiche Reihen von
ngen mit Wasserstoffgas unter gleichem Drucke und
gnannten ungleichen Temperaturen angestellt wurden.
nder ergab sich dieses aus gleichen Versuchsreihen mit
m Gas unter 0,72 Met. und mit Luft unter 0,36
k, woraus das Gesetz folgt, *dafs die Geschwindig-
Abkühlung eines Körpers, welche blofs durch die
g des umgebenden Gases bewirkt wird, für gleiche
runterschiede abhängt von der Dichtigkeit und
r des Gases; aber diese Abhängigkeit ist so, dafs
windigkeit des Erkaltens dieselbe bleibt, wenn die
it und Temperatur des Gases sich so ändern, dafs
icität unverändert bleibt.* Hiernach hat man, wenn
rum handelt, die Abkühlung eines Körpers durch
ufs der berührenden Gasarten zu bestimmen, nur
ist der letzteren zu beachten, worauf sich dann die
Versuche bezogen. Zuerst wurden solche mit atmo-
Luft angestellt, deren Elasticität 0,72, 0,36, 0,18,
45 Met. betrug, also in der geometrischen Progression
$\frac{1}{2}$, $\frac{1}{16}$ abnahm. Die für die Geschwindigkeiten des
durch blofse Einwirkung der Luft = V, V', V''...
Werthe enthält die folgende Tabelle.

V=0,72 M.	V'=0,36 M.	V''=0,18 M.	V'''=0,09 M.	V^iv=0,045 M.
5°,48	4°,01	2°,95	2°,20	1°,59
4,75	3,52	2,61	1,90	1,37
4,17	3,03	2,21	1,62	1,20
3,51	2,62	1,91	1,40	1,02
2,90	2,12	1,57	1,15	0,84
2,27	1,69	1,23	0,90	0,65
1,77	1,29	0,96	0,70	0,52
1,23	0,90	0,65	0,48	0,35
0,75				
0,32				

Die Quotienten, die durch die Division von $\frac{V}{V'}, \frac{V'}{V''}$ ... erhalten werden, fallen zwischen 1,38 und 1,34, weshalb Unterschiede innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenzen, was zu folgenden Schlüssen berechtigt: 1) das *der Geschwindigkeit des Erkaltens eines Körpers durch ihn berührende Luft bleibt für gleiche Temperaturschiede unverändert, wie verschieden auch die Dich der Luft seyn mag;* 2) *wenn die Elasticität der L einer geometrischen Reihe abnimmt, so nimmt ihr lungsvermögen gleichfalls in einer geometrischen Re und zwar ist der Exponent des Verhältnisses bei jen he = 2, bei dieser* (im Mittel aus allen zwischen 1,34 liegenden Grösen) = 1,366. Eben dieses Gesetz bei Wasserstoffgas, Kohlensäure und ölerzeugendem Ga gefunden, es wären aber die Exponenten der Reihe = 1,366, für Wasserstoffgas = 1,301, für Kohl = 1,431 und für ölerzeugendes Gas = 1,415. Das Ge sich leicht auf einen allgemeinen Ausdruck zurück Heifst P die abkühlende Kraft einer Gasart unter dem p, so erhält man für 2p die Gröfse P (1,366) und für so P $(1{,}366)^2$, also für $p \cdot 2^n$ auch $P(1{,}366)^n$. Wa daher $p \cdot 2^n = p'$ und $P(1{,}366)^n = P'$, so hat man

$$\frac{\text{Log. } P' - \text{Log. } P}{\text{Log. } (1{,}366)} = \frac{\text{Log. } p' - \text{Log. } p}{\text{Log. } 2},$$

also

$$\frac{P'}{P} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{0{,}45};$$

der Exponent 0,45 ist aber nicht für alle Gasarten gle dern wird für Wasserstoffgas = 0,38, für Kohlensäure und für ölerzeugendes Gas = 0,501. Die abkühlen eines Gases ist daher in einem gewissen Verhältnis Elasticität proportional, allein der Exponent dieses Ver ses ist bei verschiedenen Gasarten verschieden. Bei der Kohlensäure und dem ölerzeugenden Gas weicht von 0,5 ab, was dahin führt, die abkühlende Kra Gase der Quadratwurzel ihrer Elasticität proportional nehmen.

248) Die nächste Aufgabe war, die abkühlende Kr

denen Gase von gleicher Elasticität für gleiche Tempe-
erschiede zu untersuchen. Die bei 0,72 Met. Druck
vier genannten Gasarten gefundenen Werthe der durch
n (ohne Einfluſs der Strahlung) bewirkten Abkühlungen
gende Tabelle.

pera- nter- iede	V für Luft	V' für Wasser-stoffgas	V'' für Kohlen-säure	V''' für öl-erzeugen-des Gas
0°	5°,48	—	5°,25	7°,41
0	4,75	16°,59	4,57	6,45
0	4,17	14,26	4,04	5,41
0	3,51	12,11	3,39	4,70
0	2,90	10,10	2,82	3,84
0	2,27	7,98	2,22	3,12
0	1,77	6,66	1,69	2,34

ienten von $\frac{V'}{V}$ schwanken zwischen 3,51 und 3,42,
$\frac{V''}{V}$ zwischen 0,977 und 0,955 und die von $\frac{V'''}{V}$
1,37 und 1,30, woraus sich ergiebt, daſs das Gesetz
die verschiedenen Gasarten für sich allein bewirkten
g von der Beschaffenheit und Dichtigkeit der Gasar-
hängig ist. Da es sich aber darum handelte, dieses
bestimmen, so führten die verschiedenen Bemühun-
dem Resultate, daſs die Abkühlung durch die Gase
netrische Reihe bildet, deren Exponent = 1,233 ist,
Exponent der Reihe der Temperaturunterschiede = 2
genau hierbei Rechnungen und Beobachtungen über-
n, zeigt folgende Zusammenstellung der erhaltenen
ür Luft unter 0,72 Met. Druck, worin t den Unter-
r Temperatur und V die Geschwindigkeit des Erkal-
chnen.

t	V beobachtet	V berechnet	t	V beobachtet	V berech
200°	5°,48	5°,45	100°	2°,27	2°
180	4,75	4,78	80	1,77	1
160	4,17	4,14	60	1,23	1
140	3,51	3,51	40	0,77	0
120	2,90	2,91	20	0,33	0

Eine gleiche Uebereinstimmung zeigte sich bei den
Gasarten.

249) Aus allen diesen Untersuchungen ergiebt sich
dafs die Elasticität der Gasart und der Temperatur
des erkaltenden Körpers und der Umgebung die einzig
mente sind, welche ein allgemeiner Ausdruck für
schwindigkeit des Erkaltens durch den blofsen Einfluss
gebenden Gasart enthalten mufs. Nennt man die ersten
den letzteren t, so folgt:

$$V = m.p^c.t^b,$$

worin b für alle Gasarten und alle Körper = 1,233
alle Körper gleich, aber für die einzelnen Gase ver
m nach der Natur der Gase und den Dimensionen de
veränderlich ist. Die bereits gefundenen Werthe von
für Luft = 0,45, für Wasserstoffgas 0,38, für Koh
0,517, für ölerzeugendes Gas 0,501 und die von m
von Dulong und Petit angewandten Thermometer
= 0,00919, für Wasserstoffgas = 0,3318, für Ka
= 0,00887, für ölerzeugendes Gas = 0,01227, wen
Metern und t in Centesimalgraden ausgedrückt werden.

250) Die Einfachheit dieses Ausdruckes erzeu
Wunsch, die Gesetze der Abkühlung auch für höhere
peraturen kennen zu lernen, und es schien hierfür das
durch Leslie angewandte Verfahren am geeignetsten
Wenn das Thermometer mit nackter Kugel in der Luft
tete, so war die ganze Geschwindigkeit die Summe
kungen durch Strahlung und durch Berührung der Luft
die letztere v, die erstere v', so ist deren Summe = v
Für das mit Silber bedeckte Thermometer war v gle
bend, v' aber wurde $\frac{v'}{5,707}$, weil die Strahlung des Gl

Digitized by Google

s Silbers sich wie 5,707 zu 1 verhält. Bezeichnet man Geschwindigkeiten durch a und b, so ist

$$v+v', \quad b = v + \frac{v'}{5{,}707}, \quad \text{und } v = \frac{5{,}707 \times b - a}{5{,}707}.$$

dieser Ausdruck auf die beobachteten Werthe ange-, so giebt folgende Tabelle eine Uebersicht der Re-

t	V für die nackte Kugel	V für die versilberte Kugel	v
260°	24°,42	10°,96	8°,10
240	21,12	9,82	7,41
220	17,92	8,59	6,61
200	15,30	7,57	5,92
180	13,04	6,57	5,19
160	10,70	5,59	4,50
140	8,75	4,61	3,73
120	6,82	3,80	3,11
100	5,57	3,06	2,58
80	4,15	2,32	1,93

Werthe von v oder der Erkaltung, welche blofs durch die ung der Luft herbeigeführt wird, lassen sich durch fol- Gleichung ausdrücken:

$$v = m t^{1,233},$$

m jedesmal besonders bestimmt werden mufs. Für die chtungen mit der versilberten Kugel ist m = 0,00857 e folgende Tabelle zeigt die genaue Uebereinstimmung obachteten und berechneten Werthe von v.

t	v beob- achtet	v berech- net	t	v beob- achtet	v berech- net
260°	8°,10	8°,14	160°	4°,50	4°,47
240	7,41	7,38	140	3,73	3,79
220	6,61	6,63	120	3,11	3,14
200	5,92	5,87	100	2,53	2,50
180	5,19	5,17	80	1,93	1,90

n man hiernach die durch Berührung der Luft bewirkte hlung, so ist es leicht, die im Vacuum durch Strahlung ge zu finden, wenn man von den beobachteten Werthen

die für v durch Rechnung erhaltenen abzieht. Als erläu
Beispiel mögen die mit der nackten Kugel erhaltenen
dienen, wenn die Geschwindigkeit des Erkaltens im
durch die Formel

$$V = m(a^t - 1)$$

ausgedrückt wird, worin t den Unterschied der Tem
des Thermometers und der umgebenden Hülle, m einen
digen, jederzeit zu bestimmenden Coefficienten bezeichn
cher in diesem Falle = 2,61 ist, a aber den Exp
= 1,0077 bezeichnet, welcher bei allen Körpern derselbe
Wie genaue Uebereinstimmung auf diese Weise erhalt
zeigt die nachfolgende Tabelle, worin V die Gesch
des Erkaltens im Vacuum, abgeleitet aus Beobachtungen
gebender Luft, V' aber diese Geschwindigkeit durch
gefunden bezeichnet.

t	V	V'	t	V	V'
260°	16°,32	16°,40	160°	6°,20	6°,25
240	13,71	13,71	140	5,02	4,99
220	11,31	11,40	120	3,93	3,92
200	9,38	9,42	100	3,04	2,99
180	7,85	7,71	80	2,22	2,20

Die durch Strahlung und zugleich durch Berüh
einer elastischen Flüssigkeit erzeugte Erkaltung eines
läfst sich sonach durch folgenden Ausdruck darstellen:

$$v = m(a^t - 1) + n t^b,$$

worin für alle Körper und alle Flüssigkeiten a = 0,
b = 1,233 sind; der Coefficient m hängt ab von d
und der Oberfläche des erkaltenden Körpers, so wie
Beschaffenheit der umgebenden Gasart; der Exponent
der absoluten Temperatur und der Beschaffenheit des e
den Körpers unabhängig, ist nach der Elasticität und
schaffenheit des umgebenden Gases, nach den bereits en
ten Gesetzen, veränderlich. Wenn dieser Ausdruck d
Beschaffenheit der Oberfläche des erkaltenden Körpers
dert, so behalten die Gröfsen a, b, n ihren Werth,
verändert sich dem Strahlungsvermögen der Oberfläche
tional. Wird es hierdurch = m', so wird

Digitized by Google

$$v = m'(a^t - 1) + nt^b.$$

nerst m' gröfser als m, also das Strahlungsvermögen so wird das Verhältnifs

$$\frac{m(a^t - 1) + nt^b}{m'(a^t - 1) + nt^b} = \frac{m}{m'},$$

= 0 oder $t = \infty$ ist. Nimmt man t sehr klein an, sich die Gröfse $a^t - 1$ durch t.Log. a ausdrücken, und lt, wenn man durch t Log. a dividirt,

$$\frac{m + \frac{n}{\text{Log. a}} \cdot t^b - 1}{m' + \frac{n}{\text{Log. a}} \cdot t^b - 1},$$

Verhältnifs in dem Mafse abnimmt, als t wächst, wenn ist als 1; allein nach der Abnahme wird es wieder weil es der Einheit gleich den Werth wieder erhal- wie bei $t = 0$. Wenn man also die Gesetze des Er- ei zwei Körpern von verschiedener Oberfläche mit ein- gleicht, so erfolgt das Erkalten in geringen Tempe- chneller bei denjenigen Körpern, welche ein geringe- lungsvermögen haben, aber weniger schnell bei diesen n Körpern in höheren Temperaturen. Dieses ergiebt ht aus folgender Uebersicht, worin t die gewöhnliche ig hat, V die Geschwindigheit der Abkühlung des un- en und V' des versilberten bezeichnen.

t	V	V'	V : V'
260°	24°,42	10°,96	2°,23
240	21,12	9,82	2,15
220	17,92	8,59	2,09
200	15,30	7,57	2,02
180	13,04	6,57	1,98
160	10,70	5,59	1,91
140	8,75	4,61	1,89
120	6,82	3,80	1,80
100	5,56	3,06	1,81
80	4,15	2,32	1,78
60	2,86	1,60	1,79
40	1,74	0,96	1,81
20	0,77	0,42	1,85
10	0,37	0,19	1,90

r die Temperaturunterschiede von 40° bis 120°
hältnisse fast gleich, was Dalton veranlafste, da
Erkaltens in der Luft bei allen Körpern als gleic
men. Würde die Reihe bis zu höheren Temperatu
fortgesetzt, die für 260° schon 2,23 erreicht, so

h bald der Gröfse 5,703 nähern, der das Verhä

dem Falle gleich ist, wenn Glas mit Silber v
d.

251) Noch bleibt zu untersuchen, wie sich das G
altens für den nämlichen Körper mit der Natur u
eit der Gase ändert. Wenn man den Ausdruck

$$m(a^t - 1) + nt^b$$

mt und ihn auf ein anderes Gas oder auf dasselbe
iedener Elasticität anwendet, so verwandelt er sich

$$m(a^t - 1) + n't^b,$$

rin blofs n einen andern Werth erhält. Die Vers
ler Ausdrücke zeigt, dafs das Verhältnifs der Einh
mt, wenn wir $t = 0$ oder $t = x$ machen. Die
schwindigkeit des Erkaltens in verschiedenen Gase
h also der Gleichheit in sehr hohen und sehr
mperaturen, kann aber in den zwischenliegenden
ieden seyn.

252) Dulong und Petit geben noch zuletzt ein
ht aller durch ihre Versuche gefundenen Resultate,
merken, dafs unter Geschwindigkeit des Abkühlens
l der Thermometergrade zu verstehn sey, um we
mperatur des Körpers während eines unendlich klei
ichbleibenden Zeitintervalls herabsinken würde.
len sie folgende Gesetze auf: 1) Wäre ein im Vacu
llicher Körper von einer aller Wärme beraubten
ht strahlenden Hülle umgeben, so würden die Ge
keiten des Erkaltens in einer geometrischen Progres
men, wenn die Temperaturen sich in einer arithm
ringerten. 2) Wenn die Temperatur des einschli
cuums constant bliebe, so würde die Geschwindig
altens für die in arithmetischer Progression abneh

Digitized by Google

eraturen sich vermindern, wie die Glieder einer geome-
n Reihe weniger einer beständigen Gröfse. Der Expo-
dieser Reihe ist für alle Körper = 1,0077. 3) Die Ge-
ndigkeit des Erkaltens im Vacuum für gleiche Tempera-
rschiede wächst in einer geometrischen Progression,
die Temperatur des Vacuums in einer arithmetischen Pro-
ion wächst; der Exponent dieses Verhältnisses ist gleich
= 1,0077 für alle Körper. 4) Die Geschwindigkeit der
durch Berührung der Luft erzeugten Erkaltung ist von
Oberfläche der Körper unabhängig. 5) Die Geschwindig-
it, wo blofs durch die Berührung der Luft erzeugten Abküh-
ung bildet eine geometrische Progression, wenn die Tempera-
rschiede gleichfalls eine geometrische Reihe bilden, und
der Exponent dieser letzteren = 2 ist, so ist der der er-
= 2,35 unabhängig von der Natur und Elasticität des
. Dieses Gesetz kann auch so ausgedrückt werden, dafs
antität der durch eine Gasart fortgeführten Wärme in
Fällen dem Unterschiede der Temperatur proportional ist,
n auf eine Potenz, deren Exponent = 1,233 ist. 6)
kühlende Kraft einer Gasart nimmt ab in einer geome-
n Reihe, wenn die Elasticität derselben in einer geome-
n Reihe abnimmt. Ist der Exponent dieser letzteren
, so ist der der ersteren = 1,366 für Luft; = 1,301 für
rstoffgas; = 1,431 für Kohlensäure und = 1,415 für öl-
gendes Gas. Dieses Gesetz kann auch so ausgedrückt
n: die abkühlende Kraft eines Gases ist unter übri-
gleichen Bedingungen einer gewissen Potenz der Span-
proportional, deren Exponent von der Natur des Gases
gt und für Luft = 0,45; für Hydrogen = 0,315; für Koh-
re = 0,517 und für ölerzeugendes Gas = 0,501 ist. 7) Die
lende Kraft eines Gases verändert sich mit der Tempe-
auf eine solche Weise, dafs, wenn dasselbe sich ausdeh-
kann und stets die nämliche Spannung beibehält, die ab-
de Kraft um ebenso viel durch die Verdünnung des Ga-
rmindert, als durch die Vermehrung der Temperatur ver-
rt wird, so dafs sie gänzlich von seiner Spannung ab-
. Mit diesen Resultaten stimmen im Ganzen diejenigen genau
n, welche Dalton[1] erhalten hat, und auch die von H.

[1] Neues System. Th. I. S. 114.

Digitized by Google

Davy[1] gefundenen, wonach das Erkalten am langsamste Chlorgas erfolgt.

253) Die gehaltreichsten Versuche über die Erkaltun Körper sind die von G. Bischof[2], die um so mehr allg Anerkennung verdienen, je gröfser die darauf verwandte war, und weil es nur wenigen Forschern möglich seyn solche grofsartige Mittel in Anwendung zu bringen, als durch die freundliche Mitwirkung des Hütteninspectors thans zu Gebote standen, welcher den Gufs der zu den suchen dienenden Basaltkugeln besorgte. In einem 1,5 cken, durch Eisendraht zusammengehaltenen Lehmmantel eine Basaltkugel von 21 Zoll rhein. Durchmesser gegos nach dem Erstarren in einen Trichter von Eisenblech welcher in einem gufseisernen, auf zwei Unterlagen festl den Ringe ruhte. So viel als möglich wurde dafür gesorg die Kugel mit ihrem Lehmmantel nach allen Seiten fr während der langen Dauer der Beobachtungen stets gl fsig ausstrahlte. Nach 5,75 Stunden war die Oberfläche so heifs, dafs Blei darauf schmolz; nach 8 Stunden w bis 240° R. herabgekommen, von wo aus die Beobach anfingen und bis fast zum gänzlichen Erkalten fortd In den Mantel war nämlich eine kleine Vertiefung gema welche die Thermometerkugel gesenkt, mit etwas Mess licht zur besseren Leitung umgeben und mit Sand fe wurde. Um das Verhältnifs der Abkühlung im Inne auf der Oberfläche zu vergleichen, wurden zwei Löcher bis gebohrt, allein dieses war bei der heifsen Masse zu schw die hierauf bezüglichen Beobachtungen sind nicht genügend stimmen daher mit denen nicht überein, die eine spät fertigte noch gröfsere Kugel mit eingegossenen Löchern Die Beobachtungen begannen am 30sten Dec. um 8 Uhr A und endigten am 4ten Jan. Mittags 12 Uhr.

254) Um das Gesetz der Abkühlung zu finden, könn Thermometerstände in Zeiträumen von 12 zu 12 Stunden nen, indem die Temperatur der Umgebung während der zen Dauer von 9°,6 bis 5°,2 R. herabging. Es war,

1 Schweigger's Journ. Th. XX. S. 153.

2 Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers u. s. w. L 1837. S. 443 ff.

T''.... die Temperaturen der Kugeloberfläche, t, t', t''..... Umgebung bezeichnen, vom 30sten Dec. 8h Morgens Jan. 8h Nachmittags

$$\frac{T - t}{T' - t'} = \frac{230{,}4}{106{,}55} = 2{,}16237$$

$$\frac{T' - t'}{T'' - t''} = \frac{106{,}55}{48} = 2{,}21979$$

$$\frac{T'' - t''}{T''' - t'''} = \frac{48}{23{,}2} = 2{,}06897$$

$$\frac{T''' - t'''}{T^{IV} - t^{IV}} = \frac{23{,}2}{10{,}55} = 2{,}19905$$

$$\frac{T^{IV} - t^{IV}}{T^{V} - t^{V}} = \frac{10{,}55}{5{,}2} = 2{,}02885$$

$$\frac{T^{V} - t^{V}}{T^{VI} - t^{VI}} = \frac{5{,}2}{2{,}35} = 2{,}21277.$$

metische Mittel aus diesen 6 Werthen ist 2,14863. hiernach die Beobachtungen berechnet, so erhält man Werthe:

Zeit				$T_o - t_o$ beobachtet	$T_o - t_o$ berechnet
0. December	8	Uhr	Abends	230°,40	230°,40
1. —	8	—	Morgens	106,55	107,23
1. —	8	—	Abends	48,00	49,91
. Jannar	8	—	Morgens	23,20	23,23
. —	8	—	Abends	10,55	10,81
. —	8	—	Morgens	5,20	5,03
. —	8	—	Abends	2,35	2,34

Versuche mit einem so grofsen Körper, als sonst nie- stellt worden sind, so ist es sehr wichtig, Newton's wonach für eine arithmetische Reihe der Zeiten die Ab- n in einer geometrischen Reihe erfolgen, für Körper, n Wärme aus dem Innern zur Oberfläche geleitet wird, zu finden[1]. Bezeichnet V die Abkühlungsgeschwin-

[1] lle übrige bisher erwähnte Versuche, aufser die von Nzw-

digkeit, T den Temperaturüberschufs und q den Erkal
exponenten für irgend eine Zeiteinheit, so ist nach Newt

$$V = T\left(1 - \frac{1}{q}\right),$$

dieselbe Elasticität und Gasart vorausgesetzt. Hierna
dann

$$V : V' = T : T'$$

oder die Erkaltungsgeschwindigkeiten verhalten sich wi
Temperaturüberschüsse. Versuche mit zwei andern Ku
geln, deren eine 27,27 Zoll rhein., die andere 9,39 Z
Durchmesser hatten, bestätigten dieses, und gaben a
noch folgende Resultate: 1) die Abkühlungen beider Ku
in gleichen Zeiten und von gleichen Temperaturübers
an gerechnet, verhalten sich genau umgekehrt wie die D
messer. 2) Die Zunahme der Temperatur in den erkal
Kugeln von aufsen nach innen gab keine arithmetische,
dern eine geometrische Progression. Bezeichnen a, b, c,
zu einer gewissen Zeit die Abkühlung in Puncten vo
Oberfläche der Basaltkugel nach ihrem Mittelpuncte, der
ständen eine arithmetische Reihe bilden, und ist e der Erkal
exponent für einen gewissen Zeitraum auf der Oberfläche
scheinen die Temperaturüberschüsse in dem nfachen Zeit
zu seyn:

$$\frac{a}{e^{n-1}};\quad \frac{b}{e^{n-1}e^{n-1}};\quad \frac{c}{e^{n-1}e^{2(n-1)}};\quad \frac{d}{e^{n-1}e^{3(n-1)}}$$

worin e ein aus den Beobachtungen zu ermittelnder Coef
ist. Bei der grofsen Basaltkugel z. B. wurden nach 8 S
den beobachtet:

9 Zoll vom Mittelpuncte	109°,8 R.
6,75 – – — —	124,9
4,5 – – — —	136,0
im Mittelpuncte	153,5,

---

von, hauptsächlich auch die von Dulong und Petit, wurden an
deren Körpern, namentlich mit Flüssigkeiten in Glaskugeln, a
stellt, deren Theile sämmtlich von innen nach aufsen die nä
Temperatur hatten. Auf diesem Umstande beruht vielleicht der
terschied der erhaltenen Resultate.

Digitized by Google

für den Zeitraum einer Stunde = 1,0409 und
0067.

3) Die bisher erörterten Untersuchungen beziehen sich
ch darauf, die Gesetze des Erkaltens der Körper so-
ch, als auch in Beziehung auf ihre Gröfse, die Be-
ihrer Oberfläche und den Einflufs der sie umge-
stischen Medien aufzufinden; es bleibt aber dabei
andere Frage zu beantworten, nämlich die der Ge-
it, in welcher Körper von verschiedener Natur ihre
geben, oder über das specifische Erkaltungsvermögen
Körper. Bestimmungen hierüber können nicht an-
en werden, als wenn man gleich grofse Körper von
Form erwärmt und die Zeiten des Erkaltens dersel-
gleichen Bedingungen nach Beobachtungen eines in
nkten Thermometers mifst. Diesemnach müssen die-
Versuche hier ausgeschlossen werden, die man als
zur Wärmeleitung gehörig angestellt hat, indem
Thermometer mit verschiedenen Körpern umgeben
ngleichen Zeiten ihres Erkaltens gemessen wurden.

Der Erste, welcher diese Aufgabe zu lösen versuchte,
[illegible] [1]. Er nahm massive Kugeln, 4 Z. im Durch-
hmesser, von Blei, Zinn, Eisen, Kupfer und Messing,
ese ein cylindrisches Loch von 1 Z. Tiefe und 1 Z.
ite in dieses ein Thermometer, erhitzte die Ku-
ng sie mit zwei Fäden an einen Querbalken, in ei-
rstande aber ein anderes Thermometer auf, und beob-
e ruhiger Luft die Zeiten des Erkaltens. Inzwischen
s Thermometer nicht bis in den Mittelpunct der Ku-
Oeffnungen waren zu weit, die Kugeln nicht gleich
was durch Rechnung corrigirt werden sollte; die Ver-
rden nicht oft genug wiederholt, um zufällige Fehler
rzen, und sonach konnten die Resultate nicht befriedi-
fallen. Auch Achard [2] untersuchte die ungleichen
gszeiten verschiedener Körper, allein diese seine Ar-
ind durch spätere bessere in Schatten gestellt worden.

---

[1] Nov. Comm. Petrop. T. IV. p. 241. V. Crell neuestes chem.
Ph. I. S. 242.
[2] Mem. de Berlin. 1783.

Von weit gröfserem Werthe sind einige Versuche, wel
Tob. Mayer[1] mit Kugeln von Eben-, Eschen-,
baum-, Rothbuchen-, Weifsbuchen-, Pflaumen-, L
Sommereichen-, Wintereichen-, Birnbaum-, Birken-,
Erlen-, Fichten-, Tannen- und Lindenholz anstellte. S
sämmtlich 2 Z. im Durchmesser, die Kugel des ein
Thermometers befand sich im Mittelpuncte, der übr
der Oeffnung wurde mit Sägemehl des nämlichen H
gefüllt und oben mit einem Korke verstopft, die Ku
den in einem Ofenrohre bis 88° oder 94° C. erhitzt,
Zimmer von 6° bis 8°,5 Temperatur aufgehangen
Thermometergrade von 56°,25 bis 37°,5 herab in b
Zeitintervallen aufgeschrieben. Aehnliche Versuche s
selbe mit Wasser, Quecksilber, Leinöl und Essig a
in eine Glaskugel einschlofs und ein Thermometer
Mayer folgerte aus allerdings sehr wahrscheinlichen
schen Gründen, dafs ein Körper seine Wärme um s
rer verlieren werde, aus je mehr Wassertheilchen e
und je mehr Wärme diese vermöge ihrer specifischer
tät enthalten, die sie eben deswegen auch um so st
halten. Setzt man also das Wärmeleitungsvermögen
die sie zum Erkalten bedürfen, umgekehrt proportion
dieses Vermögen L, das specifische Gewicht der Kö
ihre Wärmecapacität c, so hat man

$$L = \frac{1}{pc}$$

für gleiche Volumina[2]. Da das specifische Gewicht
per sehr leicht genau bestimmbar ist, so kann die
sowohl zur Auffindung des Erkaltungsvermögens, als
specifischen Wärmecapacität gebraucht werden. M
die Resultate seiner Versuche mit diesem Gesetze n
einstimmend, und die wahrgenommenen Abweichun
sich leicht erklären, wenn man berücksichtigt, dafs n
nach Dulong und Petit nicht blofs die Beschaffe

1 Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erla
V. Crell chem. Ann. 1798. Th. I. S. 443.

2 A. v. Humboldt hat hiernach Tabellen für die Leit
keiten verschiedener Körper berechnet. S. v. Crell's chem. A
Th. I. S. 423. Bergmänn. Journ. 1792. Th. I. S. 120.

Digitized by Google

r, sondern auch die Elasticität der umgebenden Luft
'eit des Erkaltens einen bedeutenden Einfluſs aus-

Wenn ein Körper auf die bisher erörterte Weise
o muſs seine Wärme nothwendig durch den ihn um-
lhaum oder die in demselben sich befindenden Kör-
gehn, somit kommt also hier auf der einen Seite
ir das *Durchleitungsvermögen* seiner Umgebung in
g, welches später in einem eigenen Abschnitte un-
erden soll, als das hier zu erörternde Strahlungsver-
Körpers, welcher die Wärme abgiebt, ja selbst das
vermögen seiner Umgebung kann nicht unberück-
iben. Sofern hiernach eine scharfe Begrenzung nicht
ichbar ist, mögen hier einige Versuche erwähnt
elche wohl mit gleichem Rechte unter die Abthei-
urchleitung zu bringen wären. Dahin gehören die
[1] mit einem sehr zusammengesetzten Apparate an-
Dieser bestand aus einer grofsen Glaskugel, welche
einer Luftpumpe exantlirt, zugleich aber mit trock-
uchter Luft oder verschiedenen Gasarten angefüllt
nte. In dem Ballon befand sich ein empfindliches
r, dessen Kugel das Centrum desselben einnahm,
in Elektrometer, ein Saussure'sches Haarhygrometer
gekürztes Heberbarometer. War der Apparat für den
n Versuch gehörig hergerichtet, so liefs Pictet die
er Kerzenflamme vermittelst eines Hohlspiegels auf
eterkugel fallen, erwärmte diese dadurch und be-
m die Zeiten ihres Erkaltens unter den verschie-
änderten Bedingungen, indem beiläufig auch die
nen erforderlichen Zeiten berücksichtigt wurden.
der mehrfachen mitwirkenden Bedingungen nimmt
en Resultaten einen bedeutenden Theil ihres Wer-
gen ich mich einer näheren Erörterung derselben
Auch Leslie[2] hat die ungleichen Zeiten des Er-
tmosphärischer Luft und in Wasserstoffgas, auch
denen Dichtigkeiten dieser Gasarten untersucht;
er ist dasjenige, was Dalton[3] aus eigenen Ver-

ch über das Feuer. Cap. IV. V. VI.
y into the nature of Heat. 1804.
ues System des chem. Theils der Naturw. Th. I. S. 182.

suchen entnommen hat. Sein Apparat bestand aus ei
ken Flasche von etwa 15 bis 20 Kubikzoll Inhalt, w
Luft oder der zu prüfenden Gasart gefüllt und gehöri
auf die Temperatur der Umgebung gebracht wurde.
ward der Kork herausgezogen und schnell ein anderer
nem luftdicht in ihm steckenden, vorher erhitzten Th
ter hineingesteckt. Da es blofs um vergleichbare Re
thun war, so kamen die Thermometergrade selbst nic
trachtung, sondern es waren auf der Röhre zwei Zei
gebracht, und die Beobachtung beschränkte sich da
Zeit zu messen, binnen welcher das Quecksilber v
ren Zeichen bis zum unteren sank. Diese betrug
den für

kohlensaures Gas	112 S
Schwefelwasserstoff–, oxydirtes Stick– und ölerzeugendes Gas	100
Luft, Stickgas, Sauerstoffgas	100
Salpetergas	90
kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas . .	70
Wasserstoffgas	40

Die schon von Leslie wahrgenommene starke Leitung
Wasserstoffgases hielt auch Dalton für ebenso auf
räthselhaft; übrigens unterliegt dasselbe insofern der
nen Regel, als es im verdünnteren Zustande ein s
Leiter wird, denn 7– bis 8mal verdünnt erforderte e
für die normale Abkühlung des Thermometers. W
zur Hälfte mit Luft gemengt, so betrug die Zeit 62
Inwiefern die Verdichtung der Luft einen Einflu
Durchleitungsvermögen derselben ausübt, hat Dalt
Versuche ermittelt, die folgende Resultate gaben:

Dichtigkeit	Abkühlungszeit	Dichtigkeit	Abkühlungszeit
2	85 Sec.	$\frac{1}{2}$	140 Sec.
1	100 –	$\frac{1}{16}$	160 –
$\frac{1}{2}$	116 –	$\frac{1}{32}$	170 –
$\frac{1}{4}$	128 –		

Dalton findet hieraus, dafs die nach Abzug der
durch blofsen Einflufs der Luft bewirkte Abkühlung

ahn der Dichtigkeiten proportional sey. Rechnet man erstere 0,4 und für die letztere 0,6 der gesammten Ab- die Dichtigkeit d der atmosphärischen Luft = 1 und des Abkühlens = 100 angenommen, so wäre die

$$t = \frac{1}{0{,}004 \times 0{,}006 \times \sqrt[3]{d}},$$

durch Versuche gefundenen Größen sehr wohl über-

Vorzüglich gehören hierher die Versuche von Rum- welcher ganz eigentlich die Eigenschaft der Körper, durchzulassen, auf dem Wege der Erfahrung aus- suchte. Er bediente sich hierzu einer 1,6 Z. im haltenden Glaskugel an einer 0,75 Z. weiten Röhre, che die Kugel eines Thermometers[2] bis in die Mitte förmigen Erweiterung gebracht, mit der zu prüfenden umgeben und dann dessen Röhre mit geätzter Scale eines Korkes befestigt wurde. In siedendem Was- die Kugel bis zur Siedehitze erwärmt, dann in kaltetes Wasser getaucht, und die Zeit, welche das erforderte, um von 70° R. bis 10° R. herabzusinken, die Leitungsfähigkeit der eingeschlossenen Substanz. hung dieses Verfahrens bestand darin, die Kugel in zu erkälten und dann die Zeit zu bestimmen, die um in siedendem Wasser von 10° R. bis 70° R. werden. Die auf die letztere Weise erhaltenen wollen wir ganz unberücksichtigt lassen, von den er nur eine allgemeine Uebersicht geben. Die Zei- kaltens der eingeschlossenen Substanzen von 70° bis en in Secunden

[2] Experiments upon Heat, by Col. Sir Benj. Thomson. P. 1. Philos. Trans. T. LXXVI. u. LXXVII. Ebend. T. hr 1792. P. I. p. 48. Ueb. in Gren's Journ. Th. VII. S. 245.

Prout nennt ein solches Thermometer *Passage-Thermome-* aber unnöthig, hierfür eine besondere Bezeichnung festzu-

für bloſse Luft			576	Sec.
–	16 Gran	rohe Seide	1248	–
–	—	Schafwolle	1118	–
–	—	Baumwolle	1046	–
–	—	feine ausgezupfte Leinwand	1032	–
–	—	Biberhaare	1296	–
–	—	Hasenhaare	1315	–
–	—	Eiderdaunen	1305	–
–	—	zerzupften Taffent	1169	–
–	—	Nähseide	917	–
–	—	umwickeltes Wollengarn	934	–
–	—	umwickeltes Baumwollengarn	852	–
–	—	umwickeltes Leinengarn	873	–
–	—	umwickelte Leinwand	783	–
–	176 Gran	pulverisirte Holzkohle	940	–
–	195 Gran	Lampenruſs	1171	–
–	307 Gran	trockne Holzasche	927	–
–	256 Gran	semen Lycopodii	1488	–

Rumford hat aus diesen Versuchen die Gesetze des
im Allgemeinen nicht weiter entwickelt, auch sind
nicht mit der erforderlichen Berücksichtigung aller
kommenden Bedingungen angestellt, vielmehr ist
gerung daraus abgeleitet, daſs Hasenhaare und
meisten warm halten, weil bei ihnen die längste
dert wurde, bis das eingeschlossene Thermometer

259) In gleicher Absicht, als welche die eben
Versuche veranlaſste, stellte auch Senebier[1] eine
he an, indem er eine Thermometerkugel mit den
nen zur Bekleidung dienenden Körpern umwickelte,
(der Blutwärme) erhitzte, neben einem unbekleideten
meter in kalter Luft aufhing und die Zeiten des
maſs. Die Resultate fallen nur zum Theil in den

1 Mém. de l'Acad. de Turin. Ann. XIII., daraus in Gehl
für Chem., Phys. u. Min. Th. VII. S. 507.

Digitized by Google

genden Untersuchung und haben in dieser] Beziehung
nig Werth, um eine nähere Berücksichtigung zu ver-

60) Eine unglaubliche Menge Versuche über das Erkal-
r verschiedenartigsten Körper in ruhiger Luft hat C. W.
KMANN[1] angestellt. Hierzu bediente er sich sehr dünner
geln von nur etwa 0,1 bis 0,2 Lin. Glasdicke für Flüs-
en, Pulver und fadenartige Körper, die in dieselben ein-
ssen wurden; auf gleiche Weise liefs er aus den ver-
nartigsten Hölzern, Metallen und sonstigen starren Kör-
leichfalls Kugeln verfertigen, insgesammt einander an
gleich und zwar einen Zoll im Durchmesser haltend.
lskugeln waren mit einer Röhre versehn, in die übrigen
cylindrisches Loch gebohrt, um die Kugel eines fei-
rmometers bis in den Mittelpunct einzubringen, dessen
sich dann, bei den Glaskugeln durch einen Pfropfen,
übrigen durch einen ausgehöhlten Zapfen von der Masse
geln, befestigen liefs, um die so vorgerichteten Apparate
m Erhitzen mittelst einer Schleife von dünnem Mes-
t an einem Gestelle zwischen zwei andern freien Ther-
n zum Messen der äufseren Temperatur aufzuhängen.
bachtung der Zeit des Erkaltens geschah für Tempera-
indemngen von 5° zu 5° R. an einem guten Chrono-
und es wurde dabei Sorge getragen, dafs sich die äu-
emperatur während der ganzen Dauer nicht merklich
die Erwärmung der Kugeln aber geschah durch Ein-
derselben in ein Gefäfs mit feinem Rheinsande, unter
eine Weingeistlampe brannte. Die erhaltenen Resul-
ten vielseitig zur Begründung der Erkaltungsgesetze
werden. BOECKMANN stellte die Versuche aber nur in
cht an, um aus der Zeitdauer des Herabgehens der
von einer höhern Temperatur zu einer niedrigern un-
ens gleichen Bedingungen die der erforderlichen Zeit
t proportionale *Wärmeleitung* der verschiedenen Sub-
zu ermitteln; auch sind die von ihm mitgetheilten
ngen zu unvollkommen, als dafs man weitere Resul-
nentlich die specifischen Wärmecapacitäten der zahl-

[1] ...suche über die Wärmeleitung verschiedener Körper. Carlsr.

reichen von ihm untersuchten Körper, aus ihnen
könnte. Da es aber keinen anderweitigen gleich zahlreich
stimmungen der Erkaltungszeiten so vieler ungleicher,
gleiche Gröfse aber vergleichbarer Körper giebt, die i
zen unter übrigens gleichen Bedingungen beobachtet
so scheint es mir allerdings der Mühe werth, die Zei
denen die Kugeln von 87°,5 bis 25° C. erkalteten, die
cunden mittlerer Zeit gemessen wurden, und die daraus
tete, der Zeit umgekehrt proportionale, auf Wismuth a
heit reducirte Wärmeleitung tabellarisch zusammenzuste

Substanzen	Zeit des Erkaltens	Leitung
Wismuth	1171	1,000
Gold	2503	0,468
Silber	2603	0,450
Kupfer	3370	0,347
Messing	3446	0,340
Eisen	3599	0,325
Blei	1360	0,861
Zinn	1770	0,662
Zink	2936	0,399
Spiefsglanz ...	1298	0,902
Nickel	2812	0,416
Quecksilber ...	1416	0,827
Zinn-Blei gl. Th.	1642	0,713
Blei-Kupfer gl. Th.	2561	0,457
Wismuth-Kupfer	2317	0,505
Letternmetall ..	1605	0,730
Rose'sches Metall	1668	0,702
Zinn-Zink gl. Th.	2383	0,498
Sandstein, röthlich	1588	0,737
grauer Kalk ...	1946	0,602
gelblicher Kalk .	1729	0,677
gebrannter Kalk .	746	1,570
gelöschter Kalk .	1225	0,964
Lindenholz ...	1066	1,098
Buchenrinde ...	1216	0,963
Nufsbaumholz ..	1007	1,163
Kastanienholz ..	937	1,250
Pflaumenholz ..	1239	0,945
Citronenholz ..	1428	0,820

Substanzen	Zeit des Erkaltens	
Hanfstengel ...	74	
Mandelbaumholz	119	
Saffranholz ...	124	
Apfelbaumholz .	116	
Kampherbaumholz	93	
gelbliches Eisenholz	140	
braunes Eisenholz	125	
schwarzes Eisenholz	155	
Buchenkohle ...	96	
desgl. gepulvert..	84	
Buchenasche ...	89	
Unschlitt	297	
Wachs	320	
Quecksilberoxyd	97	
Bärlapsamen ...	129	
kohlensaures Natron	114	
Colcothar	191	
schwarze Kreide	166	
weifse Kreide ..	120	
weifser Thon ..	150	
gebrannter Thon	129	
gebrannter. glas. Thon	132	
gelber gebrannter Töpferthon .	115	
römischer Backstein	121	
Dachschiefer ...	182	
Bimsstein	80	
Gyps	1633	

Digitized by Google

tanzen	Zeit des Erkaltens	Leitung	Substanzen	Zeit des Erkaltens	Leitung
ker . . .	1474	0,794	Buchenholz . . .	1099	1,066
ilas . . .	1486	0,720	Pappelholz . . .	1064	1,101
. . . . .	1751	0,669	Rosenholz	1475	0,794
. . . . .	936	1,251	Korkholz	1253	0,935
. . . . .	1818	0,644	Korkrinde	1026	1,141
. . . . .	1342	0,873	Forlenrinde . . .	860	1,362
. . . . .	1333	0,878	Hollundermark .	698	1,678
therde .	1117	1,048	Birnbaumrinde . .	1312	0,893
nde . .	1322	0,886	Eichenrinde . . .	1208	0,969
le . . .	1177	0,995	Ahornholz	940	1,246
. . . .	1138	1,029	Weinrebenholz .	1204	0,973
pulver	1657	0,707	spanisches Rohr	772	1,517
Talkerde	1157	1,012	Nufsbaumrinde .	1153	1,015
alkspath–			blaues Brasilienholz	1277	0,917
. . . . .	1721	0,680	Pappelrinde . . .	986	1,188
ben . . .	1296	0,904	Königsholz . . .	1273	0,920
. . . . .	1236	0,947	Eichenholz . . .	1038	1,128
. . . . .	1133	1,034	Ebenholz	1630	0,718
nen . .	1513	0,774	Birnbaumholz . .	1213	0,965
en . . .	954	1,228	Ulmenholz . . .	1259	0,930
. . . . .	1066	1,099	Birkenholz . . .	1216	0,963
. . . . .	1190	0,984	Akazienholz . . .	1125	1,041
. . . . .	1886	0,621	Wacholderholz .	1069	1,095
lmen	1124	1,042	Erlenholz	1136	1,031
. . . . .	1142	1,025	Leinöl	1758	0,666
. . . . .	2470	0,474	rectificirtes Bergöl	1457	0,804
hes Horn	1981	0,591	salpetersaure Sil-		
. . . . .	1190	0,984	bersolution . .	3018	0,388
hafwolle	1172	0,999	conc. Essigsäure	2344	0,500
Schafwolle	1087	1,077	Salzsäure	2603	0,450
are . . .	1024	1,144	Kochsalzsoole . .	3011	0,389
le . . .	1137	1,030	salzsaure Zinn–		
ben . . .	1213	0,965	solution	2860	0,410
. . . . .	2829	0,414	Reisschleim . . .	3139	0,373
. . . . .	1612	0,726	Luft	712	1,645
öl . . .	1371	0,853	Pfeifenerde . . .	1587	0,738
rpentin	2274	0,515	weifser Gypsstein	1926	0,601
wefelsäure	2135	0,548	Gufssand	1423	0,823
ure . .	2835	0,413	Saalweidenholz .	845	1,386
las . . .	1516	0,772	Taxusholz . . .	1169	1,002
lz . . .	1213	0,965	Lerchenholz . . .	1052	1,113
htenholz	1135	1,031	Vogelbeerholz . .	1161	1,009

Substanzen	Zeit des Erkaltens	Leitung	Substanzen	Zeit des Erkaltens
Weidenholz . . .	938	1,248	Platanenholz, abendländisches . .	139
Trauerweidenholz	1153	1,016	Weiſstannenholz	132
Zitterpappelholz	1153	1,016	americanisches Nuſsbaumholz . . .	121
schwarzes Pappelholz	1153	1,016	Mahagoniholz . .	122
Platanenholz, orientalisches . . .	1286	0,911	Buchsbaumholz .	130

261) Boeckmann benutzte seine Versuche noch zu scheidung anderweitiger, auf die Gesetze des Erkalt beziehender Fragen, die wir hier noch kurz erwähnen Gleiche Kugeln von Gyps, die eine nackt, die ander ner Glashülle, erkalteten in 1173 und 1132 Sec., wo das Ausstrahlungsvermögen beider nur wenig verschi gleiche Kugeln von Rose'schem Metall dagegen in 1 1511 Sec. mit merklicher gröſserer Strahlung der G Hiermit stimmt ein Resultat überein, welches Rumfo hielt, indem er heiſses Wasser in gleich groſsen g Flaschen und solchen von Weiſsblech erkalten lieſs u daſs die ersteren ungeachtet ihrer sechsmal gröſseren D Wandungen dennoch früher erkalteten. Schneller We Luft befördert das Erkalten ausnehmend, denn bei ei ken Wismuthkugel verhielten sich die Zeiten der Abkühl 60° bis 30° R. in ruhiger und in stark bewegter Luft zu 203 und bei einer geschwärzten wie 509 zu 213. fand in seinen (§. 253) erwähnten Versuchen mit groſsen Kugeln die Zeiten des Erkaltens den Durch proportional, und ein ähnliches Resultat erhielt auch mann, jedoch mit einer sehr bedeutenden, nicht leicht klärenden Fehlergrenze. Theoretisch richtig bemerkt die Zeit des Erkaltens der Masse direct und der O umgekehrt proportional seyn müsse, welches für die messer D und d das Verhältniſs $\frac{D^3}{D^2} : \frac{d^3}{d^2}$, also D:d g

1 Mém. de l'Institut. T. VI. p. 102.

Digitized by Google

aber die Erkaltungszeiten mit Kugeln von 2 und 1 Zoll
messer von 60° bis 30° R. bei Wismuth = 2,35:1,
nk = 2,08:1, bei Hagebuchenholz = 2,59:1.

92) Die Versuche, welche mit gleich grofsen Kugeln
chnell erkaltenden Wismuths und des langsam erkaltenden
s angestellt wurden, bestätigen das früher hierüber Be-
. Wird das Leitungsvermögen (oder die Strahlung) den
des Erkaltens umgekehrt proportional angenommen, so
folgende Zahlen die Verhältnisse zuerst für Wismuth.

Polirte Wismuthkugel,	1,000
mit schwarzem Tusch überzogen	1,225
mit reiner Goldschlägerhaut überzogen	1,174
dieselbe, den Ueberzug geschwärzt	1,196
dieselbe, mit weifser Farbe überzogen	1,180
mit Gummi befeuchtet und mit Wis-muthfeilicht bestreut	1,132
mit Rauch geschwärzt	1,252
mit schwarzem Taffent überkleidet	1,146
mit weifsem Krepp überzogen	1,118
mit schwarzem Krepp überzogen	1,120
mit weifsem Taffent überkleidet	1,154
mit dichtem Musselin überzogen	1,129
mit weifsem Seidenpapier überzogen	1,232
dieses mit Tusch gefärbt	1,246
mit weifsem glasirten Handschuhle-der bekleidet	0,957
durch Gummiwasser mit Flaumfedern bekleidet	0,926
mit weifsem Flanell überzogen	0,958

Verhältnisse für Silber.

Polirte Silberkugel	1,000
mit Tusch geschwärzt	1,426
durch Rauch geschwärzt	1,490
mit Goldschlägerhaut überzogen	1,487
letztere geschwärzt	1,436
mit schwarzer Seide überzogen	1,535
mit weifsem Seidenpapier überzogen	1,527
dieses geschwärzt	1,552

263) Noch verdienen die Versuche erwähnt zu we
in denen Boeckmann[1] die Abkühlungszeiten durch Qu
ber, Wasser und Luft mit einander verglich. Hierbei w
die erwärmten Kugeln in eine grofse Masse Wasser o
eine Wanne, die etwa einen Centner Quecksilber enthiel
senkt oder in ruhiger Luft aufgehangen; alle drei Medie
ren von 15°,7 R. Temperatur und das Quecksilber st
etwa 0°,4 bis 0°,7. Die Zeiten des Erkaltens von 6
30° R. waren

Substanzen	Quecksilber	Wasser	Luf
Eisen	7,3 Sec.	20,0 Sec.	1533 S
Molybdän . .	8,0 —	12,2 —	725 —
Wismuth . . .	8,6 —	15,0 —	509 —
Quecksilber . .	13,0 —	23,0 —	604 —
Nickel	25,5 —	25,8 —	1220 —
Kalkstein . . .	30,0 —	29,3 —	788 —
Sandstein . . .	31,0 —	31,0 —	679 —
Wasser . . .	40,5 —	61,3 —	1169 —
Kohle	44,3 —	159,2 —	357 —
glasirter Thon .	57,0 —	70,0 —	557 —
Bimsstein . . .	75,6 —	78,0 —	349 —
Buchenholz . .	77,0 —	142,0 —	414 —
Elfenbein . . .	107,0 —	144,3 —	982 —
Tannenholz . .	125,5 —	160,0 —	438 —
Mahagoniholz .	128,0 —	168,0 —	486 —
Korkholz . . .	182,0 —	383,0 —	461 —
Luft	244,2 —	244,5 —	317 —

Hierbei bezieht sich aber die Aufnahme der Wärme au
Körper, die mit den wärmeren in unmittelbare Berührung
men; es sind daher nicht blofs diejenigen, welche Wär
geben, sondern zugleich auch diejenigen, welche sie a
men, zu berücksichtigen, worüber später (§. 269) ge
werden wird; wir wollen indefs vorläufig einige hier
sammenhängende Erscheinungen hier kurz erörtern.

1 Schon früher hatte Richmann in Nov. Com. Petrop. I.
309 gefunden, dafs Quecksilber die Wärme leichter annehm
abgebe, als Wasser, ganz gegen die frühere Annahme, wonac
ses Vermögen der Dichtigkeit der Körper umgekehrt proportion
sollte.

Digitized by Google

Nobili und Melloni[1] fanden bei ihren früheren
ungen, die zunächst dem *Wärmeabsorptionsvermö-*
rschiedenen Körper gewidmet waren, beiläufig, dafs
r die strahlende Wärme am besten reflectirt, dann
d die übrigen Metalle in der Ordnung, wie Leslie
, ohne dafs die Politur einen so bedeutenden Ein-
, als man meistens annimmt; alle nichtmetallische
besitzen aber fast gar kein Reflexionsvermögen, wie
Oberflächen beschaffen seyn mögen. Die zur Auf-
s Absorptionsvermögens gewählte Methode dürfte
der Hinsicht als die vorzüglichste gelten, weil die
ugleich durch das Ausstrahlungsvermögen bedingt
nd sie steht daher weit hinter der zurück, welche
später allein anwandte, wie in der Folge erwähnt
. Sie bestand darin, dafs die zu untersuchenden
auf runde, an der Hinterseite mit einem Stiel ver-
eiben von Weifsblech aufgeklebt, einige Augenblicke
strahlen ausgesetzt und dann der Vergleichung we-
ise den beiden Enden der thermoelektrischen Säule
alten wurden, um aus der Menge der dann abge-
Wärme auf die Quantität der absorbirten zu schliefsen;
theilung der Scheiben gab zugleich eine Probe der
des gemessenen Unterschiedes. Es zeigten sich
ten gefurchte Metallscheiben wärmer, als glatte, und
daher mehr Wärme absorbirt haben. Um den Ein-
Farbe auszumitteln, wurden gleiche Scheiben paar-
allerlei Mineral- und Pflanzenfarben weifs und
erzogen, andere mit Blättchen von Marmor oder
en-, Wollen- und Baumwollenstoffen, alle entwe-
eifser oder schwarzer Farbe, belegt, und stets war
tion bei der schwarzen Farbe am stärksten. Sofern
Rücksicht auf die sonstige Verschiedenheit der
fand, so berechtigt es zu dem Schlusse, dafs nicht
derselben, sondern die Farbe sich hierbei wirksam
n den Einflufs der Farbe und der Oberfläche auszu-
wurden weifse Zeuge von Baumwolle, Seide, Wolle,
Leinen von ganz gleichem Gewebe und Gleichheit

---

[1] de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 198. Poggendorff's Ann.

der Fäden mit Gummiwasser auf die Scheiben geklebt
Versuche damit angestellt; ihr Absorptionsvermögen zeigt
folgender Ordnung zunehmend: Seide, Wolle, Baumwolle,
Hanf, also dem Durchleitungsvermögen gerade entgegenge-
gleiche Weise verhielten sich gleiche Metallplättchen,
auf die Scheiben geklebt wurden, denn auch hierbei z
das Absorptionsvermögen in folgender Ordnung zun
Kupfer, Silber, Gold, Stahl, Eisen, Zinn, Blei. Auc
mit Steinen und Steine mit Blei verglichen gaben
übereinstimmende Resultate, und es mufs daher als all
Gesetz gelten, dafs unter sonst gleichen Bedingungen
um so viel mehr Wärme absorbiren, je schlechter sie l

265) Mit alleiniger Rücksicht auf den Einflufs,
die Verschiedenheiten der Farbe auf die Strahlung, na
die *Einstrahlung*, der Wärme aussüben, sind verschiedene
angestellt worden, die noch eine kurze Erwähnung v
Ueber die gröfsere Erwärmung der dunklen Körper d
Sonnenstrahlen ist oben (§. 54) gehandelt worden, und n
dieses auf die leuchtenden Wärmestrahlen überhaupt aus
es blieb dabei aber immer fraglich, ob sich bei d
leuchtenden Wärmestrahlen etwas Aehnliches zeigt, n
Frage wurde eigentlich von den Physikern kaum mit B
heit aufgeworfen. Ueberhaupt ist zu bedauern, dafs ma
scheinungen der dunklen Wärme von denen, die n
verbunden sind, früher nicht genügend sonderte, da es
umgänglich nöthig ist, zuerst das Verhalten der dunkl
me, also der Wärme an sich, zu erforschen[2] und dann zu
durch den Einflufs des Lichtes modificirten Erscheinu
untersuchen. Die oben erwähnten Versuche bezogen s
auf leuchtende Wärmestrahlen, Humphry Davy[3] deut
im Allgemeinen an, dafs die Farbe der Körper wahrs
einen Einflufs auf ihr Vermögen, Wärme jeder Art au
men, ausübe. Hierdurch aufmerksam gemacht äufsert T

1 Dieses Resultat ist zwar schätzbar, allein dennoch
heren Werth, weil die Bestimmung des Quantitativen der ab
und reflectirten Wärme fehlt.

2 Schon Mariotte in Traité des couleurs. Par. 1777. p.
kannte die Nothwendigkeit hiervon.

3 Elements of chemical philosophy. Lond. 1802. P. I.

4 Elements of Chemistry 4th Ed. p. 18.

Digitized by Google

ünschenswerth zu untersuchen, ob man der *Farbe* der gend einen Einfluſs auf das Absorptionsvermögen auch len Wärme zuschreiben müsse, und THOMAS THOM- erkt ausdrücklich, es sey bis jetzt unmöglich gewe- rmitteln, ob Härte, Weichheit und Farbe irgend einen uf die Wärmestrahlung ausübe. Diese Lücke beab- JAMES STARCK[2] auszufüllen, und obgleich seine Ver- h unter den Abschnitt *Durchleitung* zu bringen wä- wollen wir sie doch den bisher betrachteten an-

STARCK bediente sich eines sehr einfachen, dem von gebrauchten nachgebildeten Apparates, eines feinen ters, welches in eine unten verschlossene Glasröhre nd dessen Kugel dann mit den zu untersuchenden ngeben wurde. Die so vorgerichtete Röhre lieſs er erkalten, senkte sie dann in siedendes Wasser und Zeit, bis das Thermometer bis 76°,67 C. gestiegen n seinen vielen Versuchen wird es genügen, nur die ltate der wichtigsten kurz mitzutheilen. Bei An- feiner Wolle stieg das Thermometer zu der angege- he

bei schwarzer in	4	Min.	30	Sec.
— dunkelgrüner in	5	—	0	—
— scharlachrother in	5	—	30	—
— weiſser in	8	—	0	—

30 Gr. Wolle nur 20 Gr. genommen wurden, zeigte geringerer Unterschied, denn die Erwärmung erfolgte

bei schwarzer in	6	Min.	35	Sec.
— dunkelgrüner in	7	—	43	—
— scharlachrother in	8	—	3	—
— weiſser in	8	—	45	—

stellte demnächst zwei Versuchsreihen an, um den ler Farbe auf leuchtende Wärmestrahlen zu ermitteln, nte sich dabei eines empfindlichen Luftthermometers,

---

Outline of the Sciences of Heat and Electricity. Lond. 47.

ios. Trans. 1833. P. II. p. 285. Edinburgh New. Phil. Journ. I. p. 65.

dessen Kugel mit einer dicken Lage des Pigments ü
war, auf welche dann die durch einen 3zolligen Ho
reflectirten Strahlen einer Argand'schen Lampe so lan
bis das Thermometer seinen höchsten Stand erreicht h
stationär wurde oder wieder zurückging. Hierbei
Thermometer im Mittel aus drei wenig von einande
chenden Versuchen von 1° der Scale, welche 10 The
Zoll enthielt,

bei Schwarz von Lampenruſs bis	83°
— tiefem Braun	74
— Orangeroth	58
— Gelb	53
— Weiſs	45

Als der Ueberzug sehr dünn und die Flamme mehr
war, stieg das Thermometer von 1°

bei Schwarz bis	52°
— Berlinerblau	50
— Umbrabraun	47
— Grün	44
— Orangeroth	44
— Gelb	39
— Weiſs . . .	34

Um durch ein umgekehrtes Verfahren den Einfluſs de
auf die Ausstrahlung zu messen, wurde das erste Th
ter mit 30 Gr. gefärbter Wolle umgeben, dann in
Wasser bis 87°,78 C. erhitzt, demnächst, nachdem es bi
erkaltet war, in Wasser von 7°,22 C. getaucht, und
dann bis 10° C.

bei schwarzer Wolle in	21 Min.
— rother	26 —
— weiſser	27 —

War die Thermometerkugel statt mit 30 Gr. nur mi
umgeben, so erfolgte das Erkalten

bei schwarzer Wolle in	15 Min. 45 Sec.
— rother	17 — 0 —
— weiſser	18 — 30 —

Einen gleichen Einfluſs der Farbe auf die Wärmes

Digitized by Google

die folgenden zwei Versuchsreihen, deren erste mit
n feinem Weizenmehl angestellt wurde, womit die Ku-
ersten Thermometers umgeben war. Die Quantität
betrug 100 Gr. und die Art der Messung war ganz
als bei Anwendung der Wolle. Die Erkaltung er-

bei schwarz gefärbtem Mehl in	9	Min.	50 Sec.
— braun gefärbtem . . .	11	—	0 —
— gelb gefärbtem	12	—	0 —
— weifsem	12	—	15 —

zweiten Versuchsreihe wurde die Kugel des Luftther-
mit verschiedenen Farben überzogen, bis zu 100
er oben angegebenen Scale erhitzt und dann die Zeit
ltens bis zu 1 Grad gemessen. Im Mittel wurden
fordert

r die schwarz gefärbte Kugel	2	Min.	2,5 Sec.
— braun gefärbte —	2	—	40,0 —
— orangeroth gefärbte —	2	—	44,5 —
— gelb gefärbte —	4	—	29,0 —
— weifs gefärbte —	5	—	50,5 —

Die hier mitgetheilten Resultate und die daraus abgeleite-
erungen sind von mehreren Seiten angegriffen worden.
OWELL[1], welcher sich überhaupt viel mit der Optik
gt und die Gesetze der Strahlung speciell in einer aus-
Abhandlung[2] erörtert hat, bezieht sich auf eine frü-
erkung von LESLIE, dafs der Einfluss der Farbe auf
lung gar nicht zu ermitteln sey, weil jederzeit ein
angewandt werde, dessen eigenthümliche Beschaffen-
unberücksichtigt bleibe. Obgleich daher die erwähn-
che allerdings von grofser Wichtigkeit sind, so fehlt
gänzlich die Kenntnifs der eigenthümlichen Beschaf-
r Körperelemente, wodurch die Farbe bedingt wird.
Dingen aber meint auch BADEN POWELL mit Recht,
inigen der Versuche die leuchtende Wärme von der
icht geschieden sey, da doch nach H. DAVY und vie-
en die durch das Licht erzeugte Wärme ganz verschie-

---

inburgh New Phil. Journ. N. XXXIV. p. 228.
ports of the British Assoc. T. I. p. 203 ff.

den von der aus dunklen Wärmequellen hervorgehende
Aufserdem aber bleibt von ihm nicht unbemerkt, dafs di
suche nicht eigentlich zur Strahlung gehören, sonder
mehr zur *Durchleitung*, welche von der eigentliche
schaffenheit der Körper abhängt. Beide lassen sich, wa
reits bemerkt wurde, nicht trennen, inzwischen ist wi
verkennbar, dafs sowohl bei diesen, als den ähnliche
chen von Rumford, Sennebier und Andern, wobei d
Thermometer umhüllenden Substanzen in eine Glasröh
geschlossen waren, letztere also eine unveränderte
Oberfläche bildete, zunächst nur das Durchleitungsver
Betrachtung kommt, es dabei also stets fraglich bl
wirklich die Farbe, sofern diese in nächster Beziehu
Lichte steht, und nicht vielmehr die durch das Pigment
derte Beschaffenheit der Körper hierbei allein oder m
theilweise bedingend wirkt. Hätte Powell die so ei
wähnten Versuche von Beckmann gekannt, so wür
ihn leicht gewesen, aus diesen einen bedeutenden Einw
gen den Einfluss der blofsen Farbe auf das Strahlungsv
der dunklen Wärme und namentlich gegen das Re
entnehmen, dafs dasselbe durch die schwarze Farbe
werde, denn allerdings erkaltete die mit schwarzem
zeuge überkleidete Wismuthkugel (§. 262) unter a
schnellsten, allein mit blofser Goldschlägerhaut überz
kaltete sie schneller, als nachdem diese geschwärzt wa
durch die ganze Hypothese, dafs die Farbe, als solch
das Strahlungsvermögen der dunklen Wärme einen
den Einfluss ausübe, im hohen Grade wankend wird.
scheint aus der Mehrzahl der durch zahlreiche Versuch
tenen Resultate evident hervorzugehn, dafs schwarze
chen die Wärme überhaupt am leichtesten ein- und au
lassen, der Einfluss sonstiger Färbungen bleibt aber
problematisch. Später zu erwähnende Versuche geben
nähere Auskunft.

268) Einen zweiten Gegner fand Starck in dem
sor A. D. Bache[1] in Pennsylvanien. Dieser bemerkt
dafs die Versuche mit leuchtender Wärme aus ang

1 Aus Silliman Am. Journ. T. XXX. p. 16 in Bibl. un
Janv. p. 168 u. Edinburgh New Phil. Journ. N. XLII. p. 243.

Digitized by Google

gar nicht hergehören und auch nicht eigentlich die-
in denen die Thermometerkugel mit verschiedenen
n nach Rumford's Methode umgeben war, weswe-
diejenigen übrig bleiben, bei denen die mit verschie-
gmenten bekleidete Thermometerkugel in ungleichen
ältete. Leslie's Satz, dafs der Einfluss der Farbe
nicht auszumitteln sey, weil die ungleiche Beschaf-
r Pigmente allzu bedingend einwirke, hält er zwar für
glaubt aber, dafs man durch vielfache Veränderungen
stoffe und der Art, sie aufzutragen, dieser Schwie-
egnen könne. Zu diesem Zweck verschaffte er sich
e Cylinder von Zinn, 2 Zoll hoch, 1,5 Z. im Durch-
ten verschlossen, oben mit einer konischen Röhre
um mittelst eines Korkes die Kugel eines feinen
ers in die Mitte des Gefäfses zu bringen. Diese
t den erforderlichen Pigmenten überzogen, mit ko-
Wasser gefüllt und nach eingesenktem Thermometer
fgehangen, worauf ein Beobachter die Wärmegra-
dere die verflossenen Zeiten aufnotirte. Nachdem
ere Versuche die Zeit des Erkaltens von einer be-
emperatur bis zu einer andern, gleichfalls bestimmten,
Wärme der Umgebung genau constatirt worden war,
neue Lage des Pigments aufgetragen, und damit
, bis die Zeit der Abkühlung wieder zuzunehmen
sich hierdurch zeigte, dafs die Strahlung in Durch-
gung. Beispielsweise diene eine Reihe dieser Ver-
Ueberzügen von Berlinerblau:

Lagen	Zeit des Erkaltens	Lagen	Zeit des Erkaltens
1	1011,50 Sec.	4	829,5 Sec.
2	965,00 —	5	805,0 —
3	910,75 —	6	842,0 —

hung der andern wohlgewählten Mittel, um sowohl
ungsfehler möglichst zu vermeiden, als auch die
erweitiger Bedingungen zu beseitigen, um die Re-
unter einander vergleichbar zu machen, mögen
mittleren Werthe aus den erhaltenen Gröfsen zu-
sammengestellt Platz finden.

Nr.	Farbestoff	Farbe	Zeit	Bem.
1	Lackmus	Blau . . .	728 Sec.	
2	Berlinerblau . . .	Blau . . .	729 —	rauh
3	Kupferammoniak	Grünblau .	789 —	desgl.
4	Mangan–Peroxyd	Schwarzbraun	804 —	nicht
5	chinesischer Tusch	Schwarz .	804 —	nicht
6	doppelt chromsaures Kali	Braun . . .	810 —	streif.
7	chinesischer Tusch	Schwarz . .	817 —	glatt
8	Alcanna	Roth . . .	828 —	nicht
9	Bleiweifs mit Lavendelöl . . .	Weifs . . .	830 —	glatt
10	Schwefelblei . .	Schwarz . .	837 —	
11	blaue Ochsenzungenwurzel . .	Blau	838 —	
12	kohlensaure Magnesia	Weifs . . .	846 —	rauh
13	Bleiweifs mit Gummi	Weifs . . .	864 —	glatt
14	Kreide	Weifs . . .	865 —	
15	Zinnober	Roth . . .	872 —	glatt
16	Schwerspath . . .	Bläulichweifs	873 —	rauh
17	Schwefelantimon	Braun . . .	909 —	glatt
18	Indigo	Blau . . .	912 —	glatt
19	Carmin	Carmoisin .	944 —	des.
20	Mennig	Gelbroth . .	952 —	des.
21	schwefelsaurer Baryt	Weifs . . .	957 —	
22	Graphit	Schwarz . .	974 —	nicht
23	chromsaures Blei	Gelb . . .	977 —	glatt
24	Gummigutt . . .	Olivenfarbe	1005 —	des.
25	doppelt schwefelsaures Zinn . .	Gelb . . .	1085 —	glatt

Aus dieser interessanten Versuchsreihe geht wohl he
ein eigentlicher Einfluſs der Farbe auf die Wär
nicht statt findet, denn Blau macht den Anfang
sich wieder unter Nr. 18, Roth kommt unter de
9, 15 und 19 vor u. s. w. Hiernach kommt als
der Kleider, auſser bei Sonnenschein, rücksichtlich
mung nicht in Betrachtung. Selbst die Glatte, die
len von so groſsem Einfluſs ist, zeigt sich hierbei
wirksam. Es scheint sogar hervorzugehn, daſs da

Digitized by Google

klen Wärme auf keine Weise von der Farbe und selbst
n der chemischen Beschaffenheit der Körper abhängt,
dafs jede einzelne Substanz ein eigenthümliches Ver-
besitze, welches vorläufig blofs durch Versuche be-
t ist[1].

bergang der Wärme aus einem Körper in einen andern.

Bei den bisherigen, unter Strahlung zusammengefafs-
nuchungen kamen alle diejenigen Erscheinungen in
ng, wobei die Wärme einen Körper verläfst oder auch
selben aufgenommen wird, ohne den gegenseitigen
beider Körper zu berücksichtigen. Wenn ferner
re Wärme ausstrahlen, so kann dieses zwar in den
um geschehn, allein für alle irdische Erfahrungen
er wieder durch irgend eine Hülle umgrenzt seyn,
o mufs die Quelle, aus welcher Wärme zum Körper
ch an irgend einem zu diesem Körper relativen Orte

Bisher wurde auf diesen Abstand nicht Rücksicht
, aufser insofern die Luft oder tropfbare Flüssigkei-
berfläche des fraglichen Körpers zuströmen und von
ihr vorhandenen Wärme einen Theil abführen oder
mittheilen. Ist der Abstand beider Körper von ein-
grofser, so können die hieraus hervorgehenden Mo-
i vernachlässigt werden, allein der Abstand kann
ler werden und bis zur gänzlichen Berührung ver-
. Ist im letzteren Falle diese Berührung innig und

ührte theoretische Untersuchungen über Wärmestrahlung,
nicht füglich ein kurzer Auszug mitgetheilt werden kann,
en in Fouriers Théorie analytique de la chaleur. Par. 1822.
uselben eine Abhandlung in Mém. de l'Inst. T. V. und T.
, desgleichen in Ann. de Chim. et Phys. T. IV. p. 128.
59. T. XXVII. p. 236. T. XXVIII. p. 37 und Poggen-
II. 359. Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. VIII. p. 105.
Poisson in Théorie mathématique de la Chaleur. Par 1835.
chen in Ann. de Chim. et Phys. T. XXVI. p. 225. T.
337 eine Abhandlung von Lamé, der Akademie im Jahre
heilt. S. Crelle Journ. für reine und angewandte Ma-
h. VII. S. 116.

vollkommen, so würden die statt findenden Wärmephäno
zur Fortpflanzung der Wärme in den Körpern gehören, w
jedoch die eigenthümliche Beschaffenheit der mit einander
bundenen gewisse Modificationen herbeiführt. Inzwischen
men auch diejenigen Fälle in Betrachtung, wobei eine
Lage zwei Körper trennt, welche dann die Wärme des
blofs aufnimmt, um sie sofort an den andern wieder
geben.

270) Nach einer durch Prevost[1] aufgestellten Hyp
befindet sich die Wärme eines jeden Körpers in steter
lung, wie hoch oder tief auch seine Temperatur seyn
strahlt daher der wärmere Körper gegen den kälteren
terer gegen den ersteren, jedoch überwinden die stärker
lungen die schwächeren, die kälteren Körper nehm
her Wärme von den wärmeren auf. Es wäre allerding
lässig, dieser Vorstellung Raum zu geben, wenn man die
als das Resultat blofser Vibrationen betrachten wollte,
chem Falle dann solche und nichts anderes, also
eigentlicher Uebergang derselben von einem Körper
dern, in allen Körpern statt finden müfsten, der absolu
punct aber als ein vollkommenes Ruhen der Körper
zu betrachten wäre. Ich glaube jedoch, dafs wir einer
künstlichen Hypothese zur Erklärung der Thatsachen
dürfen, wie bereits oben aus triftigen Gründen gefolgert
im Ganzen aber schon daraus hervorgeht, dafs eine
fortdauernde, bald stärkere, bald schwächere Undula
vielfache Modificationen sich kaum auf irgend eine
turgemäfs als hinlänglich begründet nachweisen
blofsen Voraussetzungen beruht. Weit einfacher ist
Wärmephänomene von einer ätherischen Flüssigkeit
deren Molecüle zwar Repulsion unter sich ausüben,
aber der Anziehung gegen die Molecüle der Körper
fen sind. Hieraus folgt dann von selbst, dafs im
dieser beiden Kräfte die Attraction des minder warm

1 Exposition élémentaire des principes qui servent de
théorie de la chaleur rayonnante. Genève et Par. 1832. 8.
blioth. univ. 1832. Nov. p. 243. Mém. de la Soc. de Gen
P. II. p. 161. Aeltere Untersuchungen von ihm in Rozier
1791. Mars. Daraus in Gren's Journ. T. VI. p. 325.

Digitized by Google

ne nach Maſsgabe der hierbei thätig mitwirkenden zwi-
genden Körper, gegen die Repulsion des wärmeren
gend wirken und er von diesem einen Theil seiner
aufnehmen wird.

ndelt es sich zuerst um eine dünne Lage, welche den
ärme abgebenden von dem sie aufnehmenden Körper
so kommt hierbei der so eben ausführlich untersuchte
der Flächen auf die Strahlung in Betrachtung. Der Einfluſs
then ist aber nur in der Beziehung untersucht worden,
ie Ausstrahlung in die Luft oder den leeren Raum
let; er fällt aber weg, wenn ein fester Körper mit ei-
ihlenden festen Körper in unmittelbarer Berührung ist,
ird schon bedeutend geschwächt, wo nicht gleichfalls
aufgehoben, wenn ein tropfbar flüssiger denselben
Hat der Körper, welcher die Wärme von einem an-
berührenden aufnimmt, eine bedeutende Dicke, so
Wärme in ihm eine beträchtliche Strecke zurücklegen
gehören die Erscheinungen zur Classe derjenigen, die
die *Fortpflanzung* beziehn, und wenn die Wärme
m Körper aufgenommen und bei nicht beträchtlicher
selben an seiner andern Seite wieder abgegeben wird,
e Classe der *Durchleitungsphänomene*. Es bleiben da-
diesen Abschnitt nur einige Erscheinungen übrig, in
e Wärme von einem Körper nicht durch freie Strah-
mentlich im luftleeren Raume, abgegeben oder aufge-
wird, sondern von einem zum andern, in sogenannter
rer Berührung sich befindenden Körper übergeht,
Fortpflanzung derselben in dem sie aufnehmenden nä-
rücksichtigen. Im Allgemeinen ist die hierzu erfor-
Zeit der specifischen Wärmecapacität und dem Fort-
rmögen der aufnehmenden Körper umgekehrt propor-
über das hierauf beruhende schnellere Erkalten der Körper
rschiedenen Gasarten und in Flüssigkeiten ist bereits
worden, und mehrere sonstige Erscheinungen, die
ge wegen noch nicht sämmtlich auf bestimmte Gesetze
ührt worden sind, lassen sich leicht erklären. Dahin
mentlich die täuschenden Schlüsse über die Tempe-
rschiedener Körper, wenn man diese auf das blofse
im Berühren gründet und sie für wärmer oder kälter
nachdem sie die Wärme schneller aufnehmen und ab-

geben. So scheinen z. B. Metalle, namentlich Quec… Wasser, Steine u. s. w. wärmer oder kälter als Asche, … Leder u. s. w., wenn ihre übrigens gleiche Temperatur … oder niedriger ist, als die der Hand. Hierher gehört … das augenblickliche Festfrieren der nassen Hand oder … Metallen bei strenger Kälte, was bei gleich kaltem Holze … u. s. w. nicht statt findet, das Anlegen des Reifes bei … Kälte an Fensterscheiben und Metalle, welche von … bis in geheizte Zimmer geleitet sind, oder an … eingetretenem Thauwetter, das Aufnehmen des … und Lichtschwalkes, welches durch massive Wände … während hölzerne davon frei bleiben, und eine … cher Erscheinungen, deren Erklärung keinen … unterliegt. Wir haben inzwischen in dieser … drei höchst wichtige Phänomene zu untersuchen, … dem Namen des Leidenfrost'schen Versuches, der … lichkeit der Menschen und des Trevelyan'schen … kannt sind.

271) Leidenfrost[1] wollte nach der Ansicht von … Elementen diejenige Urerde auffinden, welche aus dem … durch Verdichtung entstehe, und liefs daher anhaltend … in einem erhitzten eisernen Löffel verdampfen. … wahrte er, dafs kleine Quantitäten des Wassers beim … des Löffels sich zu runden Tropfen formirten, die … Metalls nicht mehr benetzten und ungleich lange … dampften, als durch eine die Siedehitze nicht viel … Wärme, weswegen er bei der Bekanntmachung … mene den Satz aufstellte, die Quantität des … Wassers sey der Hitze des Metalles umgekehrt … Um hierbei gleich grofse Tropfen zu erhalten, bedient … eines Glasröhrchens. Ziegler[2] wiederholte diese … und bemühte sich, die Temperatur aufzufinden, bei … gleich grofse Tropfen am schnellsten verdunsten, … 149° C. setzte, indem er gleichfalls zu dem Resultate …

1 De aquae comm. nonnullis qualit. Duisb. 1756. … gewordene Dissertation. Ellen scheint die Eigenschaft, dafs … tropfen über glühendes Metall schnell hinrollen, zuerst … men zu haben. S. Hist. de l'Acad. de Berlin. 1746. p. 42.

2 Specimen de Digestore Papini. Bas. 1765.

Digitized by Google

die zum Verschwinden des Tropfens erforderliche Zeit mit
Hitze zunehme. Hiernach suchte LAMBERT[1] die Curve
Verdunstungen aufzufinden, wenn die Zeiten die Ordina-
die Temperaturen aber die Abscissen bilden; allein der
Anblick der Figur zeigt zu grofse Abweichungen für die
en Grade, als dafs man auf ein bestimmtes Gesetz schlie-
dürfte, welches entweder nicht existirt, oder wegen un-
indlicher Schwierigkeiten der Experimente nicht wohl
nden ist. Bei meinen häufigen Wiederholungen dieser
he habe ich zwar keine eigentlichen Messungen angestellt,
lofser Schätzung aber dieses Gesetz nicht bestätigt ge-
. Von der Temperatur an, wo das Phänomen eben ein-
wächst allerdings die zum Verdunsten erforderliche Zeit
nehmender Hitze, ist aber die Glühhitze nahe oder schon
t, dann erfolgt das Verdunsten bis zur Weifsglühhitze
end schneller. Es verdient jedoch nicht übersehn zu
, dafs ZIEGLER seine Versuche nur bis zu 271° C. Tem-
ausdehnte. Wiederholt wurden die Versuche ferner
LIKE[2], KASTNER[3], OERSTED[4] und vorzüglich durch
OTH[5], welcher gleichfalls fand, dafs die zur Verdun-
gleich grofser Tropfen erforderlichen Zeiten mit der Zu-
der Temperaturen abnehmen, aufserdem aber, dafs sie
gleichen Metallen verschieden sind. Sie betrugen bei Ei-
0 Sec., bei Silber 60 Sec. und bei Platin 70 Sec. RUM-
fand bei seinen Untersuchungen über das Wesen der
e, dafs Wassertropfen über sehr heifses, selbst glühen-
tall hinrollen, ohne dasselbe zu benetzen oder auf ge-
che Weise zu verdampfen; er schwärzte ferner die in-
te eines silbernen Theelöffels mit Lampenrufs und brachte
Wassertropfen hinein, welcher rund blieb und bei starker
ng des Löffels nicht verdampfte; auch gab er an, dafs
sertropfen an einem kleinen Hölzchen mitten in die
Flamme einer frisch geschneuzten Kerze gehalten nicht

Pyrometrie. p. 130.
Beiträge zur Phys. u. Chem. St. 2. S. 11.
Trommsdorff's Journ. Th. XI. S. 270.
Gehlen's n. allgem. Journ. Th. III. S. 324.
Scherer's allg. Journ. d. Chemie. Th. VII. S. 646.
Memoires sur la Chaleur. p. 93. G. XVII. 33.

verdampft. Alle diese Erscheinungen betrachtet er als
der blanken Oberfläche des Tropfens und seiner Trans
vermöge welcher die von ihm hypothetisch angen
Wärmewellen theils zurückgeworfen, theils wie die Lic
len durchgelassen werden, ohne die Temperatur merk
erhöhn, eine durchaus ungenügende Hypothese, weil
derselben überhaupt unmöglich seyn würde, klares Was
Sieden zu bringen.

272) Der Versuch wurde später sehr häufig in d
sicht wiederholt, um auf die genauere Kenntnifs des
mens und seiner Bedingungen eine Erklärung zu grün
jedoch durch eine zufällige Beobachtung von selbst ge
seyn schien. Nach einer Erzählung von Perkins[1] a
einst der Generator (Dampferzeuger, Dampfkessel) sein
druckmaschine mit einem starken Knalle, allein die M
blieb dennoch im Gange und die Ursache des Kna
dadurch räthselhaft; als aber das Feuer vermindert wu
der Generator sich abkühlte, strömte das Wasser aus
ben mit schrecklichem Getöse ins Feuer, und nach d
nung des Heizraumes zeigte sich in der ganzen Länge
nerators ein starker Rifs. Um die auffallende Erschein
ter zu verfolgen, wurde der Heizraum wieder herge
Generator wieder bis zum Glühen erhitzt und Wasser
gepumpt, worauf die Maschine abermals ohne Entwe
Dampf arbeitete. Hierauf bohrte Perkins unten in ei
Generator ein Loch von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser, schraubte
sernes, aufwärts gebogenes Rohr hinein, versah d
oberen Ende mit einem Hahn, erhitzte den Gener
mals, und öffnete dann den Hahn des Rohrs, sah al
Dampf entweichen, ungeachtet er dessen Spannung
Atmosphären schätzte. Hieraus folgert er, dafs die W
bis 344° C. erhitzten Metalles gegen Wasser sowohl,
sogar gegen Wasserdampf eine bis auf $\frac{1}{16}$ Zoll sich erst
Repulsion ausübe, wodurch dann allerdings sowohl d
gebene Phänomen, als auch Leidenfrost's Versuch e
längliche Erklärung fände. Indefs weifs ich nicht,
Erzählung von Perkins aus einem Haschen nach ein

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 435. Pog
Ann. XII, 316.

Digitized by Google

itstanden sey, oder welche Bewandtnifs es sonst mit achteten Phänomene haben mag; gewifs dagegen ist, Maschine bei der ersten Beobachtung unmöglich im leiben konnte, wenn die gesammte eingeschlossene asse in mehr als $\frac{1}{16}$ Zoll Abstand vom heifsen Metalle wurde und demgemäfs so langsam verdampfte, als im Leidenfrost'schen Versuche geschieht; denn alsdann ie Menge des gebildeten Dampfes unmöglich genügen, rdem kann sich ein jeder leicht überzeugen, dafs die opfen, selbst ohne allen äufsern Druck, sofort durch von nur $\frac{1}{12}$ Zoll Durchmesser in einem nahe weifs- n Platinbleche fallen, sobald sie klein genug sind und ren Tropfen nicht durch die Adhäsion ihrer Theil- einander hieran gehindert werden. Endlich zeigen rsuche, welche Buff[1] zur Prüfung jener Erzählung dafs der Dampf auch ohne erheblich stärkeren Druck, tmosphärischen, ungehindert durch das Zündloch eines Flintenlaufs dringt. Derselbe fand ferner, dafs mit färbtes Wasser sich wie reines Wasser verhält; auch ihe Oberflächen eine gleiche Wirkung äufsern, als wenn nur die Masse gut leitet, was jedoch mit mei- chen nicht übereinstimmt, wonach Eisen, wenn es it weifsglühend gewesen und dadurch rauh geworden iesem Zustande des stärksten Weifsglühens die Er- nicht zeigt. Nach Buff gelingt der Versuch ebenso Weingeist, als mit Wasser, desgleichen mit Ammo- g und Salzsäure, mit Schwefelsäure aber schlecht, in- zwar anfangs rotirt, bald aber sich an einer Stelle nd schnell verdampft, was jedoch nach Fischer's §. 273) nicht wohl der Fall seyn kann, da dieser eine Zersetzung derselben wahrnahm. Döbereiner[2] hat ie der bekannten Thatsachen um einen interessanten mehrt, indem er auffand, dafs sich die Tropfen in eln bis zur Dicke einer Wallnufs vergröfsern lassen, r[3] aber, welcher bei seinen Verdampfungsversuchen ch diese Erscheinung wahrnahm, konnte einen grofsen

ggendorff's Ann. XXV. 591.
hweigger's Journ. Th. XXIX. S. 49. G. LXXII. 211.
n. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 5. Poggendorff's Ann.

rothglühend gemachten Platintiegel bis zur Hälfte mit W
anfüllen und dieses Wasser eine Viertelstunde darin ei
ohne dafs es eine Bewegung oder eine merkliche Al
zeigte. In solchem Falle nimmt zwar das Wasser die
der Gefäfse ungefähr an, berührt aber die Seitenwand
nicht innig, und zeigt ein Bestreben, in die Kugelform
zugehn. Waren im Wasser Körper gelöst, hauptsächlich
und Kalisalze, so verlor es die angegebene Eigenschaft,
durch Tinte oder Kohlenstaub geschwärztes verdampfte s
Pouillet scheint geneigt, nach Rumford's Ansicht di
sache darein zu setzen, dafs die Wärmestrahlen durch da
parente Wasser dringen, ohne diesem mitgetheilt und zu
dampfung verwandt zu werden. Böttger[1] will wahrg
men haben, dafs die Tropfen gewisse regelmäfsige, aus
sammengesetzte Gestalten annehmen, die mit ihrer Größe
seln. Allerdings sind sie oft auf eine merkwürdige We
kräuselt, eine stets wiederkehrende bestimmte Regelmä
ihrer Gestaltung bleibt aber zweifelhaft. Nach Döbe
zeigt sich dieses Phänomen nicht blofs beim Wasser, s
auch bei andern Flüssigkeiten, als Weingeist, Aether,
schen Oelen und Quecksilber; die Ursache desselben lie
in dem Mangel der Adhäsion der Flüssigkeiten an di
talle und der steten Rotation der Tropfen, in deren
sie nur in kurz dauernde Berührung mit dem erhitzten M
kommen.

273) Hauptsächlich um die von Perkins aufgest
hauptung zu prüfen, nach welcher jedoch die verm
Repulsion nicht blofs von den Rändern der Oeffnung d
Risses im Generator ausgehn könnte, sondern nothwend
heifsen Metalle überhaupt eigen seyn müfste, wenn wir
nicht unnatürlichen Voraussetzungen Raum geben, vielme
Phänomen überhaupt aus der angegebenen Erfahrung er
wollen, stellte ich selbst im Beiseyn meines Collegen L
lin und des Dr. Arneth einige etwas schwierigere Ve
an. Ganz eben geschliffene dicke Platten von Eisen un
sing wurden über einer Kohlenpfanne bis zur Weifsgl
gebracht, mittelst einer Glasstange oder eines Pfeifenro

1 Eine Sammlung eigener Erfahrungen, Versuche und Be
tungen. Fr. 1838. N. XVIII.

Digitized by Google

ropfen über ihr festgehalten, da es unmöglich war, ommene Horizontalität der Platten zu erreichen, und ein Pappschirm das Auge gegen die unerträgliche ützte, gewahrte man deutlich, dafs kein Lichtstreifen Platte und Tropfen durchging; es findet daher zwar lusion zwischen beiden statt, allein auch kein mefs- tand. Gelegentlich wurde auch die Ursache des Ro- Tropfen aufgefunden, welche in der ungleich starken g und auch Wärmestrahlung der nicht überall völlig sigen Platte oder Schale liegt, wie sich deutlich zeigte, nittene Stückchen einer Stecknadel in ein glühend ge- ilbernes Schälchen geworfen worden waren und als ein der inneren Fläche des Schälchens durch Zutritt eines en Körpers schwarz geworden war, beide Ursachen aber gleiche Strahlung die Bewegungen des Tropfens bedeu- ehrten. Dafs übrigens die Rotation der Tropfen nicht he ihres langsamen Verdampfens überhaupt sey, da- i man sich leicht überzeugen, wenn man überlegt, den erstgenannten Versuchen der Tropfen an einer oder einem thönernen Pfeifenrohre zur Vermeidung rollens festgehalten wurde, mithin nicht rotiren konnte; kann beim gewöhnlichen Versuche ein Holzstäbchen n Draht durch den Tropfen auf die Metallfläche stützen, en andern Einflufs, als welchen die hierdurch be- hitzung des untern Endes hervorbringt, zu gewahren; treitet diese Annahme gegen Pouillet's Beobachtung. sich aus meinen Versuchen ferner, dafs die von Pen- genommene Repulsion sehr heifser Metalle nicht als der Erscheinung gelten kann, denn kleine Tropfen fie- r durch ein 0,8 Lin. weites Loch in einer 11 Lin. isenplatte sowohl bei geringerer Hitze, als auch wenn nahe zum Weifsglühen stieg; merkwürdig aber war, n diese Platte im Zustande des stärksten Weifsglü- i dessen Folge ihre Oberfläche durch eine Oxydschicht rorden war, das Phänomen gar nicht zeigte, sondern sser gleich schnell als glühende Kohlen verdampfen Noch mufs erwähnt werden, dafs Fette, sowohl ani- als auch vegetabilische, die Erscheinung nicht zeigen, r werden sie im Verhältnifs der stärkeren Hitze schnel- ickt und verkohlt. Einige Vermehrung der bekannten

Thatsachen ist durch die Versuche hinzugekommen, wel
W. Fischer[1] anstellte, indem er namentlich fand, dafs
Anwendung von Weingeist statt des Wassers sich sogle
Geruch nach Lampensäure zeigt und dafs Aether einen
fen, die Respirationswerkzeuge und Augen stark angre
Dampf erzeugt. Auch Terpentinöl und Steinöl entw
Dämpfe, deren Geruch von dem dieser Flüssigkeiten gan
schieden ist, concentrirte Schwefelsäure aber entwickelt
bläuliche Dämpfe, welche nicht zum Husten reizen, w
gen eine Zersetzung derselben in Sauerstoff und ein Sch
oxyd statt finden soll; Quecksilberkügelchen endlich w
pfen, wenn die Hitze stark genug ist, oder amalgamir
mit dem Metalle. Hieraus folgert Fischer, dafs die
Hitze nicht zur Verdampfung, sondern zur Zersetzung
Flüssigkeiten verwandt werde, wozu es deren viel bedü
dafs hierhin die Ursache des langsamen Processes zu
sey. Bei der Anwendung von Weingeist nimmt man
dings den angegebenen scharfen Geruch wahr, doch ent
sich derselbe leicht, und mit Schwefeläther wollte mir d
such eben aus dieser Ursache nie gelingen. Inzwische
zweifelhaft, ob eine unmittelbare Zersetzung des Wei
statt finde und nicht vielmehr die von diesem allerdings,
wie vom Wasser, aufsteigenden Dämpfe in der grofse
der Umgebung eine Zersetzung erleiden, im Ganzen aber
hieraus entnommene Erklärung nicht vollkommen befrie
weil sie den Grund nicht enthält, weswegen die Adhä
Tropfen zum Metalle aufgehoben wird. Zudem fand Fi
xer durch directe Versuche, dafs das Wasser nicht in
Bestandtheile zerlegt wird, was zwar Fischer zu wid
sucht, allein es dürfte doch im Ganzen wahrscheinlich
dafs bei Weingeist, Aether und den flüchtigen Oelen hie
Dämpfe zersetzt werden, wie dieses durch sehr heifse
nach Davy's Entdeckung sehr leicht geschieht; beim W
kann dieses aber der Fall nicht seyn, weil hierzu ei
Sauerstoff aufnehmender Körper erfordert wird, eher b
Schwefelsäure, deren Verdampfung erst in sehr starke
erfolgt.

274) Die *Hitze* des Tropfens fand Rumford dadurch

1 Poggendorff's Ann. XIX. 514. XXI. 163.

Digitized by Google

ben aus dem Löffel in die Hand fallen liefs, zwar , aber nicht so stark, dafs die Haut dadurch verbrannt ben dieses giebt ERDMANN[1] als durch das Gefühl er- , und dafs er die Siedehitze nicht habe, geht klar denn man kann einen Theil desselben durch Berüh- dem Finger herausnehmen, wenn die Hitze des Feuers glühenden Metalls dieses nicht hindert. DÖBEREINER will mit einem feinen Thermometer 99° bis 101° C. haben, was jedoch eine unsichere Art des Messens der nicht eingetauchte Theil des Thermometers und l desselben vor dem Eintauchen durch die Strahlung den Metalls zu sehr afficirt wird. Genauer scheint gabe FISCHER's zu seyn, wonach die Wärme der on 70° bis 100° C. wechselt, je nachdem dieselbe e des Versuches, nachdem der Tropfen eben hinein- worden ist, oder gegen das Ende unmittelbar vor dem ntersucht wird, wo er die Kugelgestalt verliert, dem ärirt und schnell verdunstet, was alsdann geschieht, im wiederholt durch neu hinzugesetzte Flüssigkeit Tropfen einige Substanzen, vielleicht auch von der des Metalls, absetzen und er trübe wird. Auf je- ann der Tropfen nicht füglich Siedehitze erhalten, ein eigentliches Aufwallen statt finden müfste; ob räuseln desselben von aufsteigenden Dämpfen her- wohl noch nicht genügend ausgemittelt worden. Auch ER[2] und DULONG[3] haben, durch die Angabe von eranlafst, die Versuche wiederholt und scheinen den desselben beizutreten. Ersterer verschlofs aber den r mit dem Wassertropfen durch einen genau pas- kel, und glaubte beim Oeffnen desselben nach ei- eine Spannung des Dampfes zu bemerken. Beau- dem diese Resultate nicht genügten, wiederholte ie, und mafs dabei die Hitze der Tropfen durch

für praktische Chemie. Th. X. S. 334.

. de Chim. médicale 1830. Sept. p. 540. Journ. de Phar- l. XI. T. XVI. p. 666.

l. 1830. Nov. Vergl. Geiger's Ann. der Pharmacie. Th.

de Chim. et Phys. T. LXI. p. 319.

Mischung derselben mit Wasser, indem er die durch wirkte Erhöhung der Temperatur der gesammten Was nach den bekannten Gesetzen der Mischungen hierna wodurch er ihre Temperatur zwischen 36°,48 und 50° Abgesehn davon, dafs dieses Mittel sehr unsicher ist, Wassermenge der Tropfen nicht grofs ist und die Be ihrer Gröfse vielen Schwierigkeiten unterliegt, gewä die von ihm angewandte Formel keine hinlängliche G keit, indem er $T = t \frac{M}{m}$ setzt, worin M und m die des Wassers, t den Unterschied ihrer Temperaturen die gefundene Temperatur bezeichnen. Berichtigt man gefundenen Temperaturen 48°,78, 62°,5 und 63°,61 C gen, was der Wahrheit schon näher kommen dürfte. dem fand er, dafs gleich grofse Tropfen von 3' 7" Zeit bedurften, um völlig zu verdunsten, wenn die Te der geringsten, wobei das Phänomen eintritt, bis zur Glühhitze stieg; auch überzeugte er sich, dafs allerdings gebildet wird, dessen Spannung mit der Hitze zunimmt ner Ansicht nach, die sich auf Versuche mit Wasser deren Flüssigkeiten gründet, liegt die Ursache des Ph darin, dafs die zugeführte Wärme durch die Verdam sorbirt werde und daher das Wasser nicht zum Sieden als ob beim Sieden nicht ebenso, wie beim Ver Wasserdampf gebildet würde. Boutigny [1] gewahrte die gebene Erscheinung bei Wasser, es glückte ihm ebe rotirende Tropfen von Schwefeläther, Terpentinessenz tronenessenz, ja sogar von schwefliger Säure (*acide sulf anhydre*) zu erhalten, welche in die Hand geschüttet fühl von Kälte erzeugten. Der Versuch läfst sich Braudrimont nicht blofs mit Metallen, sondern auch dern Körpern anstellen, die man in starke Glühhitze kann. Die Wärme der Wassertropfen ist auch durch La mittelst eines Thermometers gemessen und nicht unter nauer aber 99° C. gefunden worden; allein es ist schon worden, dafs der Einfluss des erhitzten Metalles auf

1 Journ. de Pharmacie 1840. Mai. London and Edinb. P N. CIX. p. 230. Poggendorff's Ann. LI. 150.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXIV. p. 327.

Digitized by Google

er hierbei nicht zu vermeiden steht, und eine so hohe
ratur kann der Tropfen nicht haben, weil man ihn sonst
hne Nachtheil in die Hand ausschütten und noch weni-
t der Fingerspitze so berühren könnte, dafs ein grofser
desselben daran hängen bleibt. Eine der am meisten
en Hypothesen zur Erklärung dieses Phänomens ist
elche unter Andern auch Fabi[1] vertheidigt. Hiernach
mpf von gröfserer Elasticität, eben durch die verstärkte
erzeugt, sich zwischen der Metallfläche und dem Tro-
finden, diesen daher schwebend erhalten, seine Berüh-
it der Fläche hindern und durch seine Erzeugung die
e Hitze binden. Hiergegen erklärt sich Fechner[2], weil
Tinte oder Kohlenstaub gefärbter Tropfen die Erschei-
icht zeigt. Auch ohne dieses Argument mufs man die
der Dampfbildung ganz unberücksichtigt lassen, wenn
se Hypothese zu vertheidigen beabsichtigt. Zuvörderst
Bildung von elastischerem Dampfe, als welcher der
tze zugehört, ohne vorhandenen stärkeren Druck der
er Sache nach ganz unmöglich, denn wenn derselbe
ter stärkerem Drucke erzeugt worden ist, so geht er beim
in die freie Luft sofort zur Elasticität der Siedehitze
rch augenblickliche Abkühlung selbst zu einer noch ge-
über. Man müfste hierbei ganz vergessen, dafs man
des Thermometers die dem jederzeitigen Luftdruck pro-
le Elasticität des Wasserdampfes sogar mit ziemlicher
gkeit zu messen vermag. Hiervon abgesehn gehört dem
n Dampfe zugleich nothwendig eine gröfsere Dichtig-
, seine Bildung erfordert daher eine gröfsere Wasser-
und der Tropfen müfste daher ganz im Gegentheil
r verzehrt werden, wie denn bekanntlich die bei den
aschinen erforderliche und stets verbrauchte Wasser-
unter übrigens gleichen Bedingungen, der Dichtigkeit
eugten Dampfes proportional ist.

3) Ueberblicken wir die hier zusammengestellten That-
und suchen wir sie mit den sonstigen Naturerschei-

---

[1] Kastner's Archiv. Th. IV. S. 57.
[2] Dessen Repertorium Th. II. p. 401. Uebers. von Biot's Physik. B. S. 567.
[3] Als eine, hier zu weit führende Nachlese ist das zu betrach-

nungen in Einklang zu bringen, so gelangen wir zu folg
Resultate. Mit der gröſseren Hitze hört die Adhä
Flüssigkeiten zu den Metallen so weit auf, daſs die A
der Theilchen dieser Flüssigkeiten unter sich auf gleich
überwiegend wird, als bei solchen, die auf festen K
nicht zerflieſsen, sie nicht benetzen und mehr oder w
vollkommen runde Tropfen bilden, deren Rotation
gleiche Anziehung einzelner Theilchen der Oberfläche
che Weise, als bei vielen andern Phänomenen, name
kleinen Kampherstückchen auf Wasser[1], nothwendig
wird. Erhöhung der Temperatur vermindert überhaupt
häsion der Flüssigkeiten zu festen Körpern[2], wie auch
bekannten Erscheinung hervorgeht, daſs ein Wasser
an einem Drahte, der Schwere entgegen, aufwärts bewe
man das untere Ende erhitzt; eine starke Erwärmung
talls kann also die Adhäsion leicht so weit vermind
das Benetztwerden auf gleiche Weise aufhört, als
manchen Flüssigkeiten gegen gewisse feste Körper
drigerer Temperatur statt findet[3]. Hierbei tritt dann,
anderweitig, z. B. bei Quecksilber auf Glas, der Fall
eigentliche Entfernung der Tropfen von den Metall
so daſs das Licht zwischen beiden durchgehn könnte,
doch von selbst daraus folgt, daſs die Adhäsion
meſsbare Entfernung wirkt; inzwischen findet doch
gentliche Berührung, vielmehr nur eine Annäherung
pfen zu den Metallen statt, die sich ohnehin nur auf
sto kleinere Fläche erstreckt, je mehr die Oberfläche
pfens sich der Kugelform, die des Metalles aber der
Ebene nähert. Bei rauhen Oberflächen, z. B. irden
stark oxydirten metallenen u. s. w., ist die Summe
schwindend kleinen Berührungsflächen zu grofs, als
Adhäsion genügend vermindert werden könnte, um
scheinung hervorzubringen, abgesehn davon, daſs
der Oberfläche noch anderweitig bedingend mitwirkt.
weit hat namentlich Döbereiner die Ursache der E

ten, was M. L. Frankenheim in: Die Lehre von der Coh
Breslau 1835. S. 124 ff. hierüber sagt.

1 S. Art. *Adhäsion*. Bd. I. S. 205.

2 Ebendaselbst. S. 180.

3 Ueber eigentliche Repulsion der Wärme vergl. §. 47.

tig aufgefaſst; auch haben Berr und hauptsächlich
r den wichtigen Umstand der aufgehobenen Adhäsion
terer den Einfluſs der Diathermanie sehr sachgemäſs
oben, wobei ich noch den Umstand erwähnen will,
dem Einbringen eines neuen Tropfens ein kurz vor-
des Zischen gehört wird, wahrscheinlich in Folge
die mechanische Gewalt verstärkten momentanen Be-
wie man das Zischen auf gleiche Weise bemerkt,
mit einem nassen Finger über das erhitzte Metall
ein neuer Beweis gegen die Zulässigkeit der von
ngenommenen übergroſsen Repulsion. Ist dann ein-
häsion zwischen der Metallfläche und der Flüssig-
oben, so fällt damit der eigentliche Wärmeübergang
in letztere von selbst weg, es findet bloſs Strah-
und es tritt eine der oben (§. 231) erwähnten
scheinung ein, wonach die blanke Seite eines nach
ngabe construirten Würfels dem in einigem Ab-
dlichen Finger nur unmerklich wenig Wärme zu-
unmittelbarer Berührung aber sehr heiſs zu seyn
nter diesen sämmtlichen vereint wirkenden Bedin-
n die in den Tropfen übergehende Wärme, der
Glühhitze ungeachtet, nicht bedeutend groſs seyn.
lt die Fläche, insbesondere wenn sie blank ist, nur
ne aus, da sie in Berührung mit sehr verdünnter, mit
auffallenden Tropfen gebildetem Dampfe vermeng-
, die nicht durch neu hinzutretende ersetzt wer-
her die Strahlung nicht vermehren kann, sofern
ler Platte und die Gröſse des Gefäſses die aufwärts
id seitwärts zuströmende Luft abhält. Zweitens
blanke Oberfläche des Tropfens die Aufnahme der
Wärme, die wenige aufgenommene wird aber zur
Dampf verwandt, und da die hierfür erforder-
sehr groſs ist, so steigt die Hitze des Tropfens
tend. Drittens ist das Wasser nach Melloni ein
maner Körper, nicht alle aufgenommene Wärme
Flüssigkeit, sondern ein groſser Theil geht hin-
zwar ein desto gröſserer, je mehr die anfängliche
ne zur sogenannten leuchtenden wird. Alle diese
lingungen genügen sicher zur vollständigen Erklä-
nomene, ohne zu anderweitigen künstlichen, mit

bekannten Naturgesetzen im Widerspruch stehenden Hy
seine Zuflucht zu nehmen.

276) Die *Unverbrennlichkeit des menschlichen*
ist, wie mich die Vergleichung der darüber vorhanden
richten mit eigenen Erfahrungen gelehrt hat, eine Er
die zuweilen einige Aufmerksamkeit erregt und dann
Vergessenheit geräth, ohne durch hinlänglich umfas
genügend gründliche Untersuchungen zur definitiven
dung gebracht zu werden. Ist einmal die Rede
kann man nicht umhin, sich der *Ordalien* zu erinn
von sich eine der ältesten Spuren beim Sophokles[1]
sich der Bote zur Feuerprobe erbietet, um die Wahr
Aussage darzuthun. Ueber ihre Anwendung im Mitte
führlich zu handeln ist hier der Ort nicht; auch ken
Geschichtliche der Sache zu wenig, als dafs ich mi
dürfte, über die Einzelnheiten ein genügendes Urth
len, namentlich über die dabei statt gefundene Ve
weise, um darüber zu entscheiden, ob wirklich in
Fällen Menschen auf glühendes Eisen traten, ohne
lich zu verletzen. So viel scheint mir jedoch sicher
Verurtheilten vorher durch eigens beauftragte Geis
bereitet wurden, bis die Probe mit gewissen Fe
und in Anwesenheit mehrerer Personen erfolgte, w
die der Feuerprobe ausgesetzten Glieder eingewickelt
nächst untersucht wurden, um die Beschädigung od
verletztheit derselben auszumitteln. Beachtenswerth
dabei zu seyn, dafs man nur glühendes Eisen anwa
aber die Procedur in Anwesenheit vieler Personen,
sich auch Laienbrüder befanden, vor sich ging, we
Ganze nicht füglich als ein zum Schein angestellt
ches Theaterspiel zu betrachten scheint, wenn gleic
senschaftlich begründete Beurtheilung der Sache selb
gel an hinlänglich genauer und völlig zuversichtliche
bung des Thatbestandes stets unmöglich bleiben wu
Ordalien längst abgekommen waren, liefsen sich
Zeit Künstler sehen, welche heifse Körper, name
hendes Eisen, berührten, ohne ihre Haut wesentli
letzen, wobei sie meistens mährchenhafte Erzählung

1 Antigone v. 365.

Digitized by Google

) Ereignisse auftischten, wodurch diese ihre sogenannte
nnlichkeit entdeckt worden seyn sollte. Uebergehn wir
re Nachrichten[1] und auch das, was Leibnitz[2] berichtet,
das Ganze nur Täuschung seyn oder das Verbrennen
vorhandene Feuchtigkeit gehindert werden soll, so
vorzüglich die im Anfange dieses Jahrhunderts an
nen Orten gemachten Beobachtungen eine nähere Be-
gung. Die Gelegenheit dazu gab ein gewisser hagerer
tiefliegenden Augen und schwarzen krausen Haaren,
a Toledo geboren seyn wollte, sich in Italien Lio-
n Deutschland Roger nannte[3] und seine Kunststücke
sich, Italien und Deutschland zeigte, dann bis Rufs-
e, aber einigen mir zugekommenen Nachrichten nach
tersburg bedeutend verbrannt haben soll, und von dem
ht mehr die Rede war. Dafs seine Leistungen nicht
täuschungen beruhten, wie ein gewisser Dr. Mül-
Bremen in einer über ihn veröffentlichten Broschüre
, beweist die nachfolgende Erzählung glaubhafter
gen.

genannte Spanier zeigte seine, in den Tageblättern
riebenen Kunststücke, wenn wir uns auf das in wis-
chen Zeitschriften bekannt Gewordene beschränken,
03 in der *École de Médecine* zu Paris, wo einige
prüften und dem Institute Bericht darüber erstatteten[5].
ller scheint damals noch nicht so viel gewagt oder
t noch nicht den höhern Grad der Unverbrennlich-
ht zu haben, denn das Auffallende seiner Kunst-

---

t. Journ. des Savans 1677. p. 64 u. 222. 1680. p. 292.
i Erud. Lips. Vergl. Winckler Magie. Th. XVIII. S. 84.
rrz darf man es nur wagen, sich brennendes Siegellack
ige zu tröpfeln, so kann dieses ohne Nachtheil geschehn.
ir einen Theil der Hand mit Speichel so stark wie mög-
, aber dennoch erzeugte der Siegellacktropfen, den ich im
lies, eine starke, später eiternde Blase.
Identität der Person kann ich des doppelten Namens
wegen der genauen Uebereinstimmung seiner Kunststücke
sifeln.
Unverbrennliche, oder wie macht es Herr Roger, um ge-
uer gesichert zu seyn? Bremen 1807.
ranzösische Annalen von C. H. Pfaff u. Friedländer. Jahrg.
III. S. 149. Vergl. Journ. de Phys. T. LVII. p. 66.

stücke wächst später bedeutend. In Paris berührte er
Ferse ein Pfund bis 106°,25 C. erhitztes Oel, tauc
Hand schnell in dasselbe und rieb sich zuletzt das Ge
mit, als es nach dem Thermometer noch 94° War
seine Hand aber sogleich nachher 41°,25 zeigte.
eine kirschroth glühende eiserne Stange auf den Bod
über welche er mit der Fufssohle hin und her fuhr,
rauchte und das Oel an einigen Stellen sich entzünde
entstandenes Versengen leitete er von kleinen, auf d
hängen gebliebenen Schlackenstückchen ab. Hierauf l
seine mit Schleim stark überzogene Zunge mit dem
henden Ende eines eisernen Spatels, ohne sich zu
oder Inflammation zu bewirken; auch hatte sein G
nicht merklich gelitten, denn man gab ihm nachher
peter, Schwefelsäure und eine alkalische Lösung z
welche er genügend unterschied.' Endlich fuhr er la
einem brennenden Lichte unter seinem Arme und Sch
und her, ohne sich zu verbrennen.

Dieser nämliche Spanier zeigte demnächst unter
men Signor Lionetto seine Kunststücke zu Neapel,
mentini[1] die Sache näher untersuchte, zu München,
ler[2] alle Umstände genau beachtete, und zu Hannove
mich mit dem Oberbergrath Gruner und dem Me
Murray zur Prüfung der einzelnen Thatsachen verein
nicht die nämlichen Sachen zu wiederholen, wer
Angaben dieser drei Autoritäten zusammenstellen un
der Reihe durch die Buchstaben S, G, M bezeichne
berührte mit der Fläche einer dünnen rothglühen
schaufel die Haare seines Kopfes (S, M), wobei
schädigung erfolgte, doch stieg ein beträchtlich dic
auf (S). Hiernächst strich er mit dem Rande der w
hend gemachten Ofenschaufel mehrmals über sein
Arme und Schenkel, ohne dafs selbst die darauf
Haare versengt wurden (S, M), ungeachtet sehr kle
kelchen Phosphor dabei verbrannten, da er sich vorh

1 Tillochs Philos. Mag. N. 125. Bibl. Brit. 1809.
383.

2 Schweigger's Journ. Th. III. S. 401. Gehler will d
Sementini's blofs ergänzen.

Digitized by Google

osphorstange gerieben hatte (M). Hierauf berührte er holt die Fersen mit glühendem Eisen, wobei die Berühnhaltender war (S, M) und im Augenblicke, als der n das Eisen kam, sich ein dem Auge und der Nase hmbarer Dunst entwickelte (S). Demnächst nahm er m seine schwarzen und schadhaften Zähne ein Eisen, s ihn hätte verletzen können, obgleich es nicht glühend). Dieses Probestück sah ich von Roger nicht, dagewurde es von einem Frauenzimmer, die sich für eine nerin aus einem wilden Stamme ausgab, vermuthlich ine ihm nachreisende Frau war, auf eine unerklärbar ürdige Weise zu Marburg gemacht. Ihre übrigen Kunstkamen denen des Mannes keineswegs gleich, allein sie wischen ihre starken und gesunden, wenn gleich nicht , vielmehr sehr gelben Vorderzähne das umgebogene e Ende eines Ofenhakens, womit man die Kohlen im ufzuführen und den Rost zu säubern pflegt, und trug frei herabhängend, die Hände auf dem Rücken liegend, n Halbkreise der Zuschauer herum, dessen Länge sicher betrug. Roger strich ferner mehrmals mit einem glüOfenhaken nicht eben schnell über seine lang ausge, mit dickem weifsem Schleim belegte Zunge (S, G, M), er mir absichtlich, weil er bemerkt hatte, dafs ich mit Freunden seine Kunststücke controlirte, so nahe kam, , obgleich ungern, mein Gesicht der strahlenden Hitze zurückbeugen mufste. Als sein stärkstes Kunststück, dem erwähnten Halten des Hakens zwischen den Zähgleich kommen dürfte, betrachte ich folgendes. Nach stampfte er schnell mit der Fufssohle, die durch An der Muskeln hohl gemacht war, auf eine 2 bis 2,5 Z. breite en starken halben Z. dicke glühende eiserne Stange in der und weigerte sich, der Länge nach aufzutreten; ich sah aber unststück auf folgende Weise. Eine etwa 4 F. lange, 2,5 Z. nd 0,3 Z. dicke eiserne Schiene war in der Mitte auf Fufs lang glühend gemacht; diese nahm er am einen n die Hand, stampfte sie mit dem andern auf den Fufsdafs die Schlacken abfielen, trat dann mit der linken lagegen, dafs sie bedeutend krumm wurde, drehte sie um und bog sie durch Auftreten mit derselben Ferse wiede, legte sie dann schnell flach auf den Fufsboden, stellte

sich mit dem hintern Theile der rechten Ferse darauf drehte sich schnell in einem ganzen Kreise herum. Ob der Fufsboden vorher durch aufgegossenes Wasser stark war und Rogen die Schiene sofort wieder aufnahm, der Versuch überhaupt sehr schnell gemacht wurde, so hatte Eisen doch in der Mitte fast eine Linie tief in den Fer eingebrannt. Es verbreitete sich sogleich ein sehr kra Geruch nach verbranntem Horn und wir untersuchten sofort seine Fufssohle; diese war schwarz vom Eisen weniger als callös und heifs, vielmehr weich und kalt, regte beim Anfühlen eine Empfindung, als wenn Bauch eines Frosches berührt. Demnächst trank er ei halben Löffel voll heifses Oel, indem er diese Flüssig ten auf die Zunge brachte (S, G, M); vorher aber um dessen Hitze zu zeigen, einen sogenannten zinnern blei) Efslöffel durch Eintauchen darin schmelzen (S, M er sorgte dafür, dafs durch allerlei Manöver einige Ab eintrat (G), auch wusch er sich mit den in das Oel ten Fingern die Augenbrauen, wobei im Momente die rung ein Zischen, wie vom verdampfenden Wasser wurde (M). Endlich schmolz er Zinnblei in einem Löffel, im Ganzen wohl 6 ℥, und berührte die gesch Masse einige Male, aber sehr schnell, mit der Fufssohle er einen Theil der flüssigen Masse aus dem Löffel schleuderte (S, G, M). Eben dieses Kunststück zeig Frau in Marburg und zeigte hierbei die nämliche Be keit, ja sie gofs die geschmolzene Masse auf den F drehte oder stiefs sie vielmehr nech dem Gestehen hin und her, um hierdurch gröfsere Abkühlung zu fafste sie dann am dünnsten Theile mit zwei Fingern trug sie vor den Zuschauern herum. Als ein allerd auffallendes Kunststück sah Gehler, dafs er eine Stang phor, ungefähr 0,5 Zoll lang, zwischen drei Fingerspitz brennen liefs, bis sie von selbst erlosch.

277) Man hat sich viele Mühe gegeben, diese Th zu erklären. Einige wollten alles auf eine erhöhete Ab oder Willensthätigkeit zurückführen, wodurch Unempf keit gegen Schmerz erzeugt worden seyn soll, allein es hierbei wohl gar nicht auf das Ertragen des Schmerzes an sich Menschen oft aus verschiedenen Ursachen verstehn, a

Digitized by Google

hr, wie Gehlen richtig bemerkt, auf die nicht statt fin-
Zerstörung der gewiſs zerstörbaren animalischen Theile.
er Beziehung muſs ich bemerken, daſs die Frau, die ich
burg sah, um mehr aufzufallen überhaupt phantastisch
gen und nur mit einem bis auf die Waden herabreichenden
Rocke bekleidet war, daſs sie um ihre nackten Füſse aber
males grünseidenes Band, als wenn sie Sandalen trüge,
ngen und diese kreuzweise Umschlingung bis an die
fortgeführt hatte, wo die Enden festgebunden waren.
ston[1] bemerkt, daſs einer seiner Freunde oft über seine
ein glühendes Eisen weggeführt und er selbst dieses
acht habe, ohne weitere Unbequemlichkeit, als einen
ack nach Kohlenwasserstoff; man müsse zu diesem Ende
ge tragen, daſs die Zunge hinlänglich benetzt sey und
s Eisen leicht und gewandt darüber wegführe. Das bei
Herüberführen wahrnehmbare Zischen finde ich von den
Beobachtern nicht erwähnt, ich habe es aber deutlich
ommen und es erleichtert die Erklärung, weil die Hitze
ns zur Verdampfung des Speichels verwandt wird.
n setzt hinzu, daſs ein Bleigieſser in seiner Gegenwart
nge mit einem glühenden Eisen strich, dabei aber be-
dasselbe müsse ganz rothglühend seyn, weil man sich
rbrenne. Derselbe Arbeiter tauchte seinen Finger in
olzenes Schnellloth, mit der Bemerkung, der Finger
dabei ganz trocken seyn, weil sonst etwas Metall sich
und eine Blase ziehe. Derselbe hörte ferner von ei-
unde, daſs dieser auf einer Schmelzhütte einen Arbeiter
habe, welcher das geschmolzene Eisen mit der Hand
nte, ohne sich zu verbrennen; aber dieses konnte nur
schehn, wenn das Eisen noch im Aufwallen war, bei
r Hitze verbrannte er sich. Lichtenberg erzählte in
Vorlesungen bei der Wärmelehre, er habe einen Arbei-
einer Kupferschmelzhütte gesehn, welcher von dem ge-
zenen Metalle mit der Hand ausschöpfte, für welches
tück er sich bloſs dadurch vorbereitete, daſs er die Hand
Augenblicke in die Achselhöhle hielt, um daselbst mit
Feuchtigkeit überzogen zu werden. Manche führen an,
ch die Schmiede mit der Hand über glühendes Eisen

[1] In Tilloch's Magaz. a. a. O.

hinfahren. Dieses, was ich oft gesehn habe, scheint sprechendste Beweis dafür zu seyn, dafs Roger sei präparirt haben mufste, denn das genannte Hinüberfa schieht sehr schnell und es verbrennt dabei allezeit und dicke Callus, welchen solche Arbeiter in ihren haben, der sich aber bei unserm Künstler nicht fand. erwähnt, dafs auch von andern Personen geringere Q siedend heifser Flüssigkeiten ohne Nachtheil verschl den, und so möge dieses auch bei Roger der Fal seyn, welcher das heifse Oel gleichfalls hinten auf brachte, eine hierbei nothwendige Bedingung, wenn ma Gaumen nicht verbrennen will. Man dürfte hierbei dafs das Oel bei seiner geringeren Wärmecapacität, m es die berührten Theile beim Hinabgleiten nur mit e nen Lage überzieht, noch minder gefährlich sey, als hen, welche die Köche und Köchinnen beim Vers Speisen zuweilen gleichfalls in geringer Quantität schlucken[1].

278) Meistens nimmt man, und wie mir scheint tigen Gründen, an, dafs Roger seine Haut vorher habe. Zwei Momente bieten sich hierbei von selbst gehen auch übereinstimmend aus den Beobachtunge Zuerst werden die auffallendsten Versuche mit Eisen und dieses Metall mufs daher die Wärme am wenig abgeben. Dieses wird hauptsächlich klar, wenn ma hat, mit welcher Vorsicht und Behutsamkeit das ge oder auch schon erstarrte Zinnblei nur momentan be gentlich nur dagegen gestofsen wurde und mit welc stigkeit Roger sowohl, als auch die erwähnte Frau, hendes Eisen behandelten. Man könnte annehmen, Eisen vorzugsweise die Wärme schwer abgebe, wom mann's oben (§. 260) erwähnte Versuche übereinstimm hiernach ist das Strahlungsvermögen des Eisens u Metallen am kleinsten, nämlich 0,325, das des Zinnble

1 Davenport in Ann. of Philos. T. IX. p. 111, ver de la Soc. Philom. 1817, giebt an, man könne ohne Ge Finger in siedendheifses Theer von 102° C. Wärme tauch nom Handschuh werde man sich aber verbrennen. Letzteres stellte er aus Rücksichten auf seine noch neuen Handschuh

Digitized by Google

ehr als doppelt so grofs, und wenn Klaproth's Be-
gen beim Leidenfrost'schen Versuche (§. 271) hiermit
reinstimmen, indem er die Zeiten des Verdunstens
ifser Tropfen auf Eisen, Silber und Platin = 40, 50
ec. fand, so mufs man berücksichtigen, dafs die bei-
eren Metalle weit schwieriger oxydirt werden und
im Leidenfrost'schen Versuche nothwendige Blänke
rfläche ungleich besser behalten. Es giebt zugleich
n vermuthen, dafs gerade die stärkere Hitze vom Ei-
chwierigsten abgegeben wird, wenigstens spricht hier-
rwähnte Beobachtung, dafs nur das noch im Aufwal-
lene, also im höchsten Grade erhitzte Eisen mit der
geschöpft werden kann, und wenn die Erscheinungen
nfrost'schen Versuche dieses nicht unterstützen, indem
elligkeit der Verdunstung mit erhöheter Temperatur
so mufs man berücksichtigen, dafs eben die letztere auch
Metallen, wenn auch am wenigsten bei Platin, die
er Oberfläche vermindert. Es sind also allerdings
orhanden, die zu dem Schlusse berechtigen, dafs ge-
endes Eisen seine Wärme nicht leicht abgiebt, wie
wendig der Fall seyn mufs, da die erwähnten seide-
er an den Füfsen der genannten Frau beim Auftreten
ndes Eisen nicht verkohlt wurden, wobei jedoch das
liegen derselben an der Haut nicht unberücksichtigt
rf.

Eben dieses führt uns auf das zweite, der Beachtung
oment, nämlich die menschliche Haut mufs nur mit
keit die Hitze des heifsen Eisens aufnehmen. Dieses
on aus der nicht statt gefundenen Verbrennung der
Bander; denn ginge die Hitze in dieselbe so schnell
e z. B. in Papier, Holz u. s. w., so hätte deren Zer-
nothwendig erfolgen müssen. Aufserdem aber ist ein
Zustand der Haut füglich denkbar, vermöge dessen sie
ht unzerstörbar, aber doch so beschaffen seyn könnte,
Zerstörung derselben durch Hitze keine Inflammation
e hätte. Gehlen bezweifelt nicht, dafs die menschli-
t beide Eigenschaften etwa durch Säuren oder absolu-
hol erhalten könne, Sementini giebt die hierzu dien-
ubstanzen bestimmt an, und mir selbst scheinen über-
le Gründe vorhanden zu seyn, die zu der Annahme

berechtigen, dafs Roger sich eines derartigen Mittels b
habe. Abgesehn von der sonst unerklärlichen Unverbre
keit seiner Haut, die nach der Reihenfolge der an versch
nen Orten gezeigten Leistungen mit der Zeit vermehrt z
den schien, sprechen hierfür folgende Gründe. Zuer
Aussage von Roger selbst. Nachdem wir ihn bei sein
fentlichen Vorstellungen genügend controlirt hatten, ers
wir ihn, zu einer bestimmten Zeit in die Wohnung d
nannten Oberbergrath Gruner zu kommen, was er auch
dort unterredeten wir uns vertraulich mit ihm, machte
begreiflich, dafs wir die Erzählung, er sey als Kind in F
gefahr gewesen und dabei habe sich zufällig seine Unver
lichkeit gezeigt, für ein Mährchen halten müfsten, und b
ten ihn, uns offen zu bekennen, ob und welche Mittel
wende, da wir ihm versprechen wollten, durchaus kein
nachtheiligen Gebrauch davon zu machen. Er bekannte
offen, dafs er jene Fabel nur erzähle, um beim grofsen P
mehr Aufsehn zu erregen, allerdings aber wende er ein
an, um seine Haut unempfindlich gegen die Hitze zu m
auch würde er uns dasselbe gern mittheilen, da er uns f
wissenhafte Männer halte, allein in jenem Augenblick
ein Schriftsteller (Dr. Müller[1] in Bremen) ihn öffentl
einen blofsen Betrüger erklärt, obgleich er ihm seine K
stücke nicht nachmachen könne, und dadurch bringe
um die nothwendigen Mittel seiner Subsistenz. So viel
er aber sagen, dafs es der Stoffe verschiedene gebe, m
genannten Zweck zu erreichen; die einfachsten, al
minder wirksamen, seyen Säfte gewisser saftreicher P
womit man die Haut mehrmals am Tage und anhalte
schen müsse. Roger liefs sich bei seinen Vorstellungen
einen Topf, wie er sagte, mit Wasser, bringen, womit
in Gegenwart der Zuschauer Arme, Hände, Schenkel,
und Gesicht sark wusch, um darzuthun, dafs er keinen
tzenden Ueberzug auf seiner Haut habe. Erst später lie
ein, dafs eben diese Flüssigkeit wohl ein Präservativ
seyn möge, welches unmittelbar vor den Versuchen ang
um so besser schütze. Als daher in Marburg dieselben K

1 Der Unverbrennliche, oder wie macht es Herr Roger, m
gen das Feuer gesichert zu seyn u. s. w. Bremen 1807. 8.

Digitized by Google

n einer Frau angekündigt wurden, ersuchte ich einen chüler, wo möglich die Beschaffenheit dieses soge- Waschwassers ausfindig zu machen. Wirklich wurde f mit dem Reste derselben so schnell bei Seite dafs es ihm nur durch gröfse Gewandtheit gelang, n Finger hineinzutauchen; die Flüssigkeit war kein sser, sondern eine säuerlich zusammenziehende Auf- Sementini legt gröfseres Gewicht, als mir zulässt, auf eine durch Gewohnheit entstandene Unem- eit der Haut, wofür er den Beweis vorzüglich aus Schlusse der Vorstellungen hinzugefügten Kunststücke , dafs Roger die Haut des Oberarmes mit einer star- nadel durchstach (S, M) und an dem obern Theile cknadel seine Uhr aufhing (M), wobei die Haut dem hen einen bedeutenden Widerstand entgegensetzte, icker und erhärteter als gewöhnlich zu seyn schien. r suchte durch eigene Versuche die geeignetsten Prä- ittel aufzufinden. Säuren und einige saure Salze zeig- nwirksam, jedoch machten wiederholte Waschungen inter Schwefelsäure seine Haut so unempfindlich, ie Hitze eines rothglühenden Eisens ertragen konnte. st versuchte er eine Alaunsolution in Wasser, die er kochen liefs, bis sie schwammig wurde, und fand auch e wirksam; inzwischen stieg ihre schützende Kraft l, wenn er die präparirten Stellen wiederholt mit Seife id abtrocknete, so dafs er dann die Berührung mit enden Eisen ohne Schmerz und selbst, ohne die Haare rten Stellen zu verbrennen, ertragen konnte. Vor- ielt Sementini den Schleim auf Roger's Zunge für chen schützenden Ueberzug, den er am besten nach- wenn er die Zunge mit verdünnter Schwefelsäure präann wiederholt mit Zucker bestreuete und mit Seife ller ist nicht geneigt, diesen von allen Beobachtern mmenen Schleim für einen solchen Ueberzug zu hal- ist dieses nicht wahrscheinlich, da der Künstler viel he er die Versuche mit der Zunge anstellte. Sement- ebt später eine Mischung von 0,5 ℔. Alaun mit 4 Lt. säure und 2 ℔. Wasser als sehr wirksam an. Diese

---

ermbstädt's Bulletin. Th. X. Heft 1 u. 5.

habe ich selbst sehr bewährt gefunden, indem sie nicht die Haut zu einem schlechten Leiter macht, sondern sie die Geneigtheit zur Inflammation benimmt. Hat man die anhaltend wiederholt mit dieser Flüssigkeit gewaschen, so man dreist mit einem stark rothglühenden Eisen darüber fahren, denn theils wird sie nicht leicht zerstört und Stellen, welche bräunlich geworden, gleichsam verkohlt lassen sich nachher mit den Nägeln abkratzen, ohne daß Blase entsteht. Höchst wahrscheinlich war daher die sche angewandte Flüssigkeit eine solche oder eine ähnliche Mischung.

280) Das von Arthur Trevelyan zufällig erfundene Instrument, *Wackler* (*Rocker*), *Wieger* (*Bascule*), auch *Thermophon* genannt, ist einer der interessantesten physikalischen Apparate. Die Erfindung fällt in den Januar 1829; im Sommer 1831 wurde es in Edinburg London bekannt, zu derselben Zeit erhielt ich durch die des Professors Galbraith in Edinburg ein Exemplar von finder selbst zugesandt und machte im Februar 1832 eine Notiz darüber bekannt[1], um dieselbe Zeit aber äußerte Faraday[2], dem die Sache bekannt geworden war, mehr die Versuche wiederholte, ausführlicher darüber. Das strument, welches ich von Trevelyan selbst erhalten unterscheidet sich hinsichtlich seiner Gestalt von den bekannt gewordenen durch den Mangel des Knopfes auch ist dasselbe am obern Ende schräg abgeschnitten en der Stelle, wo der schräge Schnitt beginnt, auf eines hohlen Bleicylinders von 2,5 bis 3 Z. Höhe und Zoll Durchmesser so gelegt, daß das Ende des Stäb Brete ruht, welches den Bleicylinder trägt. Die später gewordenen Exemplare haben im Wesentlichen folgende

Fig. 50. stalt. Auf einem Tische ruht ein massives bleiernes Parallelipedon B mit der obern stark gewölbten Fläche, 6" lang, 2 bis 2,5 Z. breit und bis an die Wölbung eben so doch kann die Höhe auch etwas beträchtlicher seyn, wenn man beabsichtigt, eine Weingeistlampe darunter zu

1 Poggendorff's Ann. XXIV. 466.

2 Edinburgh Journ. of Sc. N. S. N. XI. p. 141. Poggendorff's Ann. a. a. O. S. 463. Journ. of the Roy. Inst. N. IV. p. 119.

auf zu legende Wackler besteht aus einem 4 bis 5 Z. 1,5 bis 1,75 Z. breiten und 0,4 Z. dicken Stücke Ku- ben ganz flach oder besser muldenförmig bis 2 Lin. ide der Länge nach ausgehöhlt, unten nach beiden n von der Mitte aus bis zur Tiefe von 1 bis 1,5, Linien schräg weggeschnitten, so dafs in der Mitte nach eine fast 2 Lin. breite, mit einer 0,5 Lin. brei- fast ebenso tiefen Furche versehene ebene, der oberen nfende Fläche geblieben ist. In dieses Stück A wird ner oder auch messingner, 1,5 Lin. dicker, etwa 6 r Draht eingeschraubt, eingesteckt oder genau mit llmasse verbunden, an dessen Ende sich eine etwa ne Kugel befindet. Wird dieser Wackler so, wie zeigt, kalt auf den Bleiklotz gelegt, so dafs er auf len unteren Fläche ruht, und an einer Seite nieder- so schwankt er etliche Male hin und her, bis er bald r Ruhe kommt, ist er aber vor dem Hinlegen über ingeistlampe stärker, als zum Siedepuncte des Was- rst oder giebt man ihm im Liegen diese Temperatur, diese Schwankungen anhaltend statt und sind mit h dem Hitzegrade höheren oder tieferen Tönen ver- welches durch Erhalten dieser, wenn gleich etwas len Temperatur leicht Stunden lang ohne Unterbrechung t. Man kann den Wackler auch auf einen 4 bis 5 Z. im ter haltenden, 2 Lin. dicken und etliche Zoll hohen Glascylinder legen, so dafs etwa seine Mitte auf dem d der Stiel auf dem andern Rande des Cylinders

Diese ursprüngliche Gestalt des Instrumentes läfst sich mehrfach verschiedene Weise modificirt darstellen, Wissenschaft gewinnt dadurch nicht und man wird er hiermit begnügen, wenn man zugleich dasjenige htigt, was bei den Versuchen, dieses Phänomen zu nicht unbeachtet bleiben darf und demnächst er- rden soll. Eine interessante und praktische Modi- st aber folgende. Ein kupferner Ring von etwa 3,5

---

lgemein wird Kupfer angegeben, und dieses Metall ist auch setzten, allein das von Trevelyan erhaltene Exemplar ist in ick gegossenes Messing.

Zoll Durchmesser, 2,5 bis 3 Lin. Höhe und 2 Lin. D
kantig gearbeitet[1], wird nach gehöriger Erhitzung auf
bleiernen Klotz horizontal gelegt, welcher 4 Zoll lang, 1,
breit, 2 bis 2,25 Zoll hoch ist und dessen verticaler D
schnitt entweder ganz oder auf jeden Fall an den beid
Fig. len, wo der Ring aufliegt, die in der Zeichnung ange
51. Gestalt hat. Ist der Ring vorher erhitzt worden oder setzt m
dem Auflegen desselben auf den Bleiklotz eine brennende
geistlampe abwechselnd unter die eine und die andere
gende Seite, so wird er anfangen, auf- und abwärts
cilliren, was zwar nicht mit einem Tönen verbunden ist,
deutlicher aber zeigen sich die sehr bedeutenden Schwi
denen ähnlich, die das eigentliche Instrument macht und
gleichmäfsige Folge in gleichen Zeiten die Ursache des
ist. Auch diese letzteren lassen sich vergröfsert sicht
stellen, wenn man quer über das Instrument einen 12,
24 Zoll langen Grashalm legt, ja selbst mit einer dünn
röhre ist mir dieses oftmals gelungen. Endlich gewa
das Tönen selbst dann, wenn man eine geeignete Kug
erhitzt und auf eine bleierne Unterlage legt. Taucht
sogar eine 10 oder mehr Zoll lange, in der Mitte g
Fig. schlagene Messingstange mit einer Kugel an jedem E
52. über den Wackler, um die Vibrationen vergröfsert dar
und hörte das Tönen noch, als ein solches Instrume
Z. Länge, 2 Z. Breite und $\frac{1}{8}$ Z. Dicke (ohne den D
dem Knopfe gerechnet) auf Blei liegend mit 12 $\frac{1}{2}$
war. Nach ihm wird der Ton höher und stärker, w
den Wackler in der Mitte mit einer Metallspitze drück
tensiver, wenn man die Unterlage oder nur den Tisch,
das Instrument ruht, mit Metall berührt. Ueberhaupt
interessant zu lesen, wie derselbe zu dieser Entdeckung
lig gelangte und mit wie vielen Metallen unter mann
Modificationen er die Erscheinung weiter verfolgte[2], w
hier der Kürze halber übergehe.

---

1 Mit einem Ringe, aus einem runden Stabe bestehend, h
keine Versuche angestellt, zweifle aber nicht, dafs er g
oder noch bessere Dienste leisten würde.

2 London and Edinb. Phil. Mag. N. XVII. p. 321. N. XX
85. Edinburgh Phil. Trans. T. XII.

Digitized by Google

) Die Aufgabe der Physiker war zunächst, die Ursache
hänomene aufzufinden, die aufgestellten Erklärungen
ch aber füglich auf drei zurückbringen. Die erste
eich anfangs von FARADAY[1] gegeben, dem der Er-
s Instrument zeigte und welcher die Erscheinungen
Wiederholung bestatigt fand. Nach ihm berührt der
das Blei in zwei Puncten, die sich durch die mitge-
tze zu zwei Hügeln erheben. Neigt sich der Wackler
ur Seite[2], so erkaltet der frei gewordene Bleipunct
t zusammen, der Wackler fällt zurück, der andere
ende Bleipunct wird frei, sinkt zugleich und so fol-
Oscillationen regelmäfsig auf einander. Aufserdem
ibei mit die Expansion und Contraction des Bleies in
er Richtung, vermöge welcher der erhitzte Stützpunct
gegen den jedesmal erkalteten bewegt. Diese Wir-
indefs sehr unbedeutend und kann bei der Betrach-
achlässigt werden. Dieser Erklärung hat man einige
richtige Argumente entgegengesetzt. Zuvörderst ist
gung eines zufälligen Anstofsens keineswegs erforder-
damit fällt der Anfang der Bewegung, also auch der
rer Fortdauer, von selbst weg. Zweitens schien es
, dafs bei einem in der Luft liegenden Bleicylinder
ei vorausgesetzte so bedeutende Vermehrung und Ver-
des Volumens durch die im Ganzen so geringe
mitgetheilten Wärme entstehn könnte, als die Gröfse
ationen erfordern dürfte. Noch weniger schien drit-
s in so kurzen Zeitintervallen möglich, denn es er-
Vibrationen 600 bis sogar 800 in einer Zeitsecunde.
iertens müfste dann die Erscheinung auch bei glei-

—

ab. Journ. of Sc. N. S. N. XI. p. 141. Journ. of the Roy.
. p. 119. Poggendorff's Ann. XXIV. 470. LESLIE äufserte
gemeinen, die Ausdehnung des kälteren Metalles durch die
heifsen sey die Ursache des Phänomens.
ist zwar richtig, dafs der Wackler zu vibriren beginnt,
ihn anstöfst, auch erfolgte dieses, wenn er bereits zur
mmen ist, aufs Neue, allein die Oscillationen beginnen
rstlich beim Ringe, ohne irgend einen äufsern Impuls, so-
itze durch eine untergestellte Weingeistlampe den gehöri-
erreicht hat; ohne Erhitzung oscillirt der Ring nie von
d nach dem Anstofsen kommt er sehr bald wieder zur

chen Metallen statt finden und sich bei den am besten W
leitenden am auffallendsten zeigen, wie auch nicht minde
Unterschiede der Temperaturen beider direct proportional
wovon gerade das Gegentheil statt findet.

283) Eine zweite Erklärung hat verschiedene Ana
gefunden und ist vorzugsweise durch Brandes[1] in Schutz
men worden. Wenn Metalle erwärmt werden oder nach
tener Hitze erkalten, so vertheilt sich die Wärme in
wegen ungleicher Beschaffenheit ihrer Theile nicht voll
gleichmäfsig, und dieses bewirkt das allgemein bekannte
cken, was man namentlich so oft an Ofenthüren, Ofen
eisernen Ofentrommeln u. s. w. wahrnimmt. Aehnli
scheinungen kommen in Menge vor, ja es gehört dahi
das oft wahrgenommene Ertönen erkaltender Metallmasse
namentlich Gilbert[2] bei Gelegenheit eines auffallende
spiels beim Silber erörtert hat. Kehren diese einzeln
Knacken erscheinenden Geräusche in hinlänglicher Me
in gleichen Zeitintervallen wieder, so mufs hieraus
entstehn, wie zuerst Laplace bemerkt zu haben scheint.
Hypothese hat allerdings grofsen Schein für sich, allei
Contractionen finden blofs im Innern der Körper statt und
ihrer Natur nach nicht füglich so zahlreich und gleic
erfolgen, als zur Erzeugung eines so regelmäfsigen To
forderlich wäre; auf jeden Fall aber wäre es unmöglich,
aus die sichtbaren Oscillationen der vibrirenden Masse
leiten.

284) James Forbes[3] war der Erste, welcher
Erfinder das Phänomen nebst seinen verschiedenen M
tionen ausführlich untersuchte; es wird aber genügen,
Hauptsachen der von ihm erhaltenen Resultate mitzu
Zuerst widerlegt er auf directe Weise die ohnehin nich
sibele Hypothese Trevelyan's, dafs der Ton durch
der Furche des Wacklers sich bewegenden Luftstrom
und tritt der Ansicht Faraday's bei, welcher den
den Stöfsen des Apparates auf die Unterlage ableitet, w

1 Vorlesungen über die Naturlehre. Th. III. S. 29.
2 Dessen Annalen. Th. XXII. S. 328.
3 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XIX. p. 15. N. XXI
Edinb. New Phil. Journ. XXXI. 183.

Digitized by Google

bei den zu langsamen der Ringe fehlt. Die Furche
lmehr dazu, die Berührungsfläche zwischen Kupfer
kleiner zu machen und dadurch die Schnelligkeit der
n zu befördern, wozu dann zugleich die angegebene,
rs hinzugefügte Aushöhlung der oberen Seite mit-
dem sie den überwiegenden Einfluſs des Schwer-
der Mitte zu beseitigen und die Oscillationen nach
ten zu erleichtern dient. In der Mitte dieser ausge-
läche befindet sich dann ferner eine Vertiefung zur
eines Tropfens Quecksilber, an welchem man die
sehen und mittelst dessen man die angenommene
nähernd messen kann. Die Zahl der Schwingungen
ähnlichen Apparates, aus der Höhe des Tones be-
ieg bis 430 und ging dann bis zu 20 herab, bei
ein Ton hörbar zum Vorschein kam, unter gün-
tänden stieg sie aber bis 700, ja 800 und noch hö-
Oscillationen, welche das Tönen erzeugen, sind
eselben, welche man wahrnimmt, wenn das nicht
tall angestoſsen wird und nach bloſs mechanischen
n einer Seite zur andern fällt; diese letzteren aber
h eben diesen Gesetzen (der Pendelschwingungen) vom
gerechnet allmälig ab, statt daſs die tönenden fort-
Zahl sogar zunehmen und verschiedentlich wech-
n die Ursache bloſs in dem Einflusse der Wärme

fand als allgemeines Gesetz, daſs die Vibrationen
etallischen Substanzen eintreten und niemals zwi-
gleichen Metallen, daſs ferner das eine Metall heiſs,
kalt seyn muſs. Indem aber das eine als Unterlage,
als vibrirend dient, so entstehn hieraus eine Menge
en, wobei es sich bald ergiebt, daſs für das Ge-
Versuches zwar jederzeit das nämliche Metall der
dirten das heiſse und das andere das kalte seyn
anzen aber ist es schwer, die Metalle in Beziehung
e, die sie hierbei am geeignetsten einnehmen, ge-
assificiren. Als Unterlage eignet sich am besten
oscillirt auch dieses unter oder auf anderen Metal-
s selbst von mittlerer Temperatur ist, die letzteren
über die Siedehitze des Wassers erwärmt sind.
illiren die Metalle abnehmend in folgender Ordnung:

Silber, Kupfer, Gold, Zink, Messing, Platin, Eisen
Faraday deutete schon auf eine Reihenfolge zwische
Metallen in der Weise hin, dafs nach Art der elektro
und elektronegativen jedes höher stehende erhitzt u
unter ihm stehenden, und zwar der Weite des Abs
einem gewissen Verhältnisse proportional, tönen wü
denn auch Forbes unter gewissen Modificationen best
Auf kaltem Zinn vibrirten Silber, Kupfer, Gold u
auf kaltem Eisen Silber, auf kaltem Zink kein ande
als Silber. Mit Antimon und Wismuth vibrirt kei
nur einmal fand dieses bei sehr heifsem Messing u
Antimon statt, doch will Trevelyan[1] Vibrationen
heifsen Kupfers und Messings auf einem kalten
Wismuth wahrgenommen haben. Weil schon Fa
diesen Erscheinungen auf einen Einfluss der wär
Kraft der Metalle hingedeutet hatte, so untersuch
mittelst Fourier's Contactthermometer (§. 299) die
schiedenen Metallen, und gelangte zu dem wich
sultate, dafs die Vibrationen mit einer Intensität
schein kommen, welche (innerhalb gewisser Grenzen
terschiede der wärmeleitenden Kraft beider Meta
tional ist, wobei dann das am schlechtesten leitende
dig das kalte seyn mufs. Zur genaueren Kenntnifs
zen verdient noch bemerkt zu werden, dafs Fo
Fig. 53. Wackler aus Blei verfertigen liefs, in diesen an
Seite sowohl ein zusammenhängendes Stück Kupfer
zwei getrennte b und c einsenkte, und nach Ei
Ganzen diese abwechselnd auf die Kante eines ge
klotzes oder Ringes legte. In beiden Fällen kom
brationen gleichmäfsig zum Vorschein und es wird
der Berührungspunct für sich, so dafs es des Zusa
einer gleichmäfsigen Masse nicht bedarf. Eine V
der in Berührung kommenden Flächen hat auf de
flufs, und es dient hierzu nicht blofs die Furche
liegenden Wackler, sondern eine solche wird auc
theil in die Unterlage eingeschnitten, z. B. in d
worauf der Ring oscillirt. Sind in dieser Bezieh
Bedingungen vereint, welche die Schnelligkeit der

1 London and Edinb. Phil. Mag. N. XXXII. p. 85.

Digitized by Google

, so wird der Ton höher, was auch zuweilen gegen
e der Erscheinung von selbst eintritt und daraus zu
ist, dafs die Amplitüden der Schwingungen dann kür-
den. Vermehrung der Adhäsion, zwischenliegender
malgam, Oel, ein Ueberzug von Oxyd u. s. w. kön-
Oscillationen gänzlich hindern. Eine Temperaturer-
bei dem besser leitenden Metalle ist unerlafsliche Be-
allein die leicht sich darbietende Folgerung, dafs das
Gelingen des Versuches und die Menge der Vibratio-
Temperaturunterschiede proportional seyn sollten, fin-
nicht bestätigt. Mit Kupfer auf Blei geräth der Ver-
leichtesten, und es genügt dabei schon ein Tempera-
hied von 84° C. Eisen auf Blei wird träger, wenn die
Eisens weit über den Siedepunct des Wassers hin-
n die Vibrationen hören zuletzt ganz auf. Im All-
lafst sich hierüber kein Gesetz aufstellen und es
in dieser Beziehung für die einzelnen Metalle ver-
Verhältnisse obzuwalten.

Rücksichtlich der Erklärung dieser Phänomene zeigt
nerst die Unhaltbarkeit der durch FARADAY aufge-
ypothese aus dem Grunde, weil hiermit die Schnel-
r auf einander folgenden Oscillationen nicht wohl ver-
y, aufserdem aber die angenommene Wirkung sich
hebe, insofern das kalte Metall seine Ausdehnung nur
fnahme der Wärme von dem heifsen erhält, welches
benso viel verlieren und sich daher nahe um eine
rofse zusammenziehn müfste. Nachdem er sich dem-
rch genaue Würdigung der Thatsachen genügend
hatte, dafs überall keine Thermoelektricität im
, sah er sich genöthigt, das Phänomen blofs auf
ng der Wärme zurückzubringen, wonach das Ganze
den Satz zurückkommt: *beim Uebergange der Wär-
nem Körper in einen andern, welcher eine gerin-
leitende Kraft hat, findet Repulsion statt.* Diese
zeigt sich blofs bei Körpern, deren Wärmeleitungs-
so grofs ist, als dieses bei gewissen Metallen ge-
ird; die Repulsion wird in verschwindenden Zeit-
erregt, und ihre Stärke ist dem Unterschiede so-
Leitungsvermögens, als auch in gewissem Mafse der
r beider Metalle proportional und mufs vorzugsweise

dann eintreten, wenn die Wärme aus einem besseren L
einen schlechteren übergeht.

Forbes weist dann nach, dafs auch andere Phä
existiren, die auf eine Repulsion der Wärme hindeuten,
er sich vorzüglich auf die Versuche von Fresn
Saigey[2] bezieht. Allein abgerechnet, dafs der ers
Versuche offenbar eine andere Deutung erfordert[3], die
aber noch problematisch sind, würde eine blofse Repu
stetig wirkend, zur Erklärung hier nicht ausreichen.
rührung beider Metalle ist nicht innig, dennoch aber
Wärme leichter von dem kälteren, wenn auch schl
tenden Metalle aufgenommen, als von der zwische
Luft, eine Stagnation derselben zwischen beiden Met
dadurch erzeugte Repulsion ist daher nach dieser Ans
wohl denkbar, wir müfsten vielmehr eine Anzieh
Metalle annehmen. Genauer scheint mir daher die
auf folgenden Principien zu beruhn. Beide Metalle
einander genau und um so inniger wegen der stat
Stöfse gegen einander. Im Momente der Berührung
Wärme aus dem heifseren in das kältere über, sie
stärkerer Leitungsfähigkeit des ersteren eine gröfsere
digkeit, als sie im letzteren erhalten kann, wird
Berührung der Oberfläche des letzteren verzögert,
somit eine Repulsion gegen das erstere. Dafs aber
eine für diese Wirkung genügende Repulsion
kann nicht zweifelhaft seyn, da die Ausdehnung
alle Bande der Cohäsion überwindet, und die
daher nichts an sich Widerstreitendes, dafs der
welcher zwei Molecüle des nämlichen Körpers
entfernt, auch in dem Augenblick, wo er aus
tenden Körper in einen schlecht leitenden übergeht,
berührenden Molecüle beider von einander zu
Vermögen habe. Inzwischen hat neuerdings Serrur
teressante Problem einer ebenso ausführlichen als
Untersuchung unterworfen. Zuerst werden von ihm

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XIX. p. 57 u. 107.
2 Bulletin des Sciences mathém. T. IX.
3 Vergl. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 547. Anm. 8.
4 Poggendorff's Ann. LI. 1.

Digitized by Google

durch Trevelyan und Forbes aufgefundenen That-
bersichtlich zusammengestellt und diejenigen Puncte
oben, worin beide von einander abweichen, wobei
llgemeinen, wenn man die neuen Versuche hinzu-
lie Seebeck selbst angestellt hat, herausstellt, dafs die
welche Forbes aufgefunden zu haben behauptet, zwar
richtig gelten können, wenn von einem leichteren
ten des Phänomens die Rede ist, handelt es sich aber
rage, ob überhaupt Oscillationen, wenn auch durch
ustlichere Vorrichtungen und minder sicher, zu erhalten
rscheinen jene Gesetze als zu enge. Namentlich tra-
scillationen dann auch in mehreren Fällen ein, wo
nicht erhalten wurden, wenn der Wackler auf zwei
elegt wird, die entweder einem gemeinschaftlichen
Metallstücke angehören, oder für sich neben einander
n Abstande durch Einklemmen in einen Schraubstock
a werden. Eine wesentliche Modification des Appa-
d aber darin, dafs Seebeck den horizontal liegenden
mit einer an ihm befestigten, vertical herabhängenden,
rei Fufs langen hölzernen Stange versah, die er noch
unten mit Gewichten belegte, wodurch also die
gen langsamer werden und die Gröfse der Wärme-
welche diese Schwingungen erzeugt, sich messen
e unten angebrachte Scale verstattet die Amplitüden
ngungsbogen zu messen und zeigt deren Fortdauer
ime. Lag z. B. der heifse Wackler von Kupfer auf
i, so dauerten die Schwingungen ohne Unterbre-
, war aber das Blei heifs und das Kupfer kalt, so
t dreimal schneller zur Ruhe, als wenn beide kalt
Als wichtige Thatsache wurde zuerst aufgefunden,
Kupfer auf Kupfer in Schwingungen erhalten wird,
Unterlage aus zwei Spitzen besteht, weil dadurch,
es meint, die lineare Ausdehnung der dünnen
mehrt wird. Ebenso kann man die Ordnung der
kehren und dasjenige Metall, was im einen Ver-

—

mufs hierbei voraussetzen, dafs das heifse Blei die Un-
te, denn sonst stände diese Thatsache S. 17 im Wider-
der S. 20 behaupteten, dafs heifses Blei auf kaltem Ku-
abe.

suche die Unterlage bildet, im andern als Wackler an
indem sogar heifses Blei auf zwei Kupferdrähten und
sen zu oscilliren fortfuhr. Hierauf wird die Behaup
gründet, dass jedes heifse Metall auf jedem kalten zu
gen vermöge. Am meisten Beachtung verdient, dafs
die Höhen zu messen vermochte, durch welche die
Spitzen befindlichen Stellen des Wacklers herabfielen,
die unterstützenden Spitzen erreichten, und diese den
Ausdehnungen der unterstützenden Drähte und ihren
leitungsvermögen angemessen fand, wie eine hierüber
stellte Berechnung ergab. Hiernach fand er die Hebu
die periodische Ausdehnung und Zusammenziehung,
Drähte in ihrer Längenrichtung durch die wiederholt
rung mit dem heifsen Wackler und die darauf folge
kühlung erleiden, abhängig 1) vom Ausdehnungsco
2) von der Dicke der Drähte; 3) von der Länge und
der Wärmeleitung und Wärmecapacität derselben. Al
spricht sehr entscheidend für die durch Faraday a
Hypothese, und diese dürfte daher so lange als gültig
tet werden, bis sie durch eine gleich gründliche Unt
widerlegt und die ihr entgegenstehende von Forbes
Thatsachen angemessener dargestellt worden seyn wird.
wird schwer vorstellbar bleiben, wie den berührten Stö
kurzer Zeit, die nach Seebeck selbst in Gemäfsheit
der Oscillationen in manchen Fällen nicht mehr als
beträgt, eine zur gehörigen Ausdehnung erforderliche
turerhöhung, die zu 37°,5 angegeben wird, mögl
von ihnen bis zum Verschwinden wieder abgeleitet
gestrahlt werden kann. Merkwürdig bleibt aufserdem
Wackler nach der ersten Gestalt und der oben erwä
auf Blei ruhig liegend ersterer durch eine, letzterer
untergestellte Weingeistlampen von selbst zu oscilliren
gen, was durch genaue Versuche mit Entfernung
kleinsten Erschütterung constatirt werden müfste, so
lich der Umstand, dafs der Ton so oft bald zu ein
tend höheren, bald tieferen überspringt, was aus
Hypothese nicht hervorgeht.

Digitized by Google

Fortpflanzung der Wärme in den verschiedenen Körpern; Wärmeleitung.

ie bisherigen Untersuchungen bezogen sich auf die Ab- nd Annahme der Wärme, ohne eigentliche Rücksicht jenige, was dabei in den andern, mit im Conflicte be- hen, Körpern vorgeht; wir müssen jetzt aber diejenigen mungen prüfen, die sich dann zeigen, wenn die Wärme Körpern ungleich vertheilt worden ist und dieselben in en Richtungen durchströmt, um sich ins Gleichgewicht en. Dabei bleibt das Verhalten derjenigen Körper, wel- ichzeitig Wärme den zu untersuchenden Körpern zu- oder sie von ihnen aufnehmen, zunächst unberücksich- tatt daſs dieses im nächstfolgenden Abschnitte vorzugs- n Betrachtung kommt. Sofern es sich bei allen diesen enen um die Verbreitung der Wärme handelt, können r nicht scharf gesondert werden, auch pflegt man sie em allgemeinen Namen der Wärmeleitung zusammen- , inzwischen dürfte die folgende Eintheilung die Ue- des Ganzen erleichtern.

ortpflanzung der Wärme durch Flüssigkeiten.

0) Nach der älteren Ansicht strömt die Wärme oder das arfeuer, wie unter Andern Boerhave sich mit seiner ten Bestimmtheit hierüber ausdrückt, ungehindert durch ischenräume der Körper, und es müſste hiernach schon bst die Leichtigkeit dieser Strömung der Gröſse dieser enräume direct proportional seyn. Diesem gemäſs hielt dichtesten Körper für die schlechtesten Leiter, fand d die Erfahrung hiermit im Widerspruche. Die neue- tersuchungen haben gezeigt, daſs sich hierüber so leicht gemeines Gesetz aufstellen läſst und mehrfache Bedin- , namentlich auch die specifische Wärmecapacität der , dabei in Betrachtung kommen, weshalb die Thatsachen dem Wege der Erfahrung auszumitteln sind. Bei den eiten liegt ein bedeutendes Hinderniſs eben in der leich- eglichkeit derselben, und es kann daher eine reine und gte Fortleitung der Wärme bei ihnen in der Art, wie

Digitized by Google

bei festen Körpern, gar nicht statt finden, indem die
ihrer Theile, welche Wärme aufgenommen haben, in
ihres geringeren specifischen Gewichtes aufsteigen un
selbe auf diese Weise schneller, als durch blofse Leitun
einem Orte zum andern, im Allgemeinen in die Höhe
Berücksichtigen wir zuerst die *expansibelen Flüssigkeit*
werden hieraus eine Menge bekannter Erscheinungen er
Im Ganzen sind sie sehr schlechte Wärmeleiter, wie
lich Rumford[1] dargethan hat; indefs kenne ich keine
che, welche direct zur Ausmittelung der Wärmefortpflan
gesetze, mit Ausschlufs des Einflusses ihrer Beweglichk
gestellt worden wären, alle beziehn sich vielmehr auf ihr
leitungsvermögen, was übrigens hiermit in nächster Ver
steht. Wird der Einfluss ihrer Beweglichkeit nicht
schlossen, so ist das hierher Gehörige theils oben
Strahlung erörtert, theils rücksichtlich der Bewegung an
Art. *Luftheizung*[2] abgehandelt worden.

287) Die *tropfbaren Flüssigkeiten*, namentlich di
ser, galten für gute Wärmeleiter, weil sie erhitzten
ungleich schneller, als die Luftarten, ihre Wärme
und die mit ihnen in Berührung gebrachten Körper,
in Folge ihrer grofsen Wärmecapacität, schnell erkal
chen. Allerdings findet hierbei auch eine Fortpflan
Wärme durch die Masse der Flüssigkeiten statt; weil
nächst nur die Abkühlung der sie berührenden Körper
trachtung kommt, so ist das dahin Gehörige bereits
Strahlung (§. 263) erörtert worden. Beschränken wir
gegen ausschliefslich auf das Fortpflanzungsvermögen,
durch das Verhältnifs der Zeit, binnen welcher die W
wisse Räume in der Masse der Flüssigkeiten durchlau
ben wird, so hielt man die Flüssigkeiten, den Einf
Beweglichkeit nicht beachtend, gleichfalls für gute W
ter, bis Rumford[3] durch seine Untersuchungen zu

1 Philos. Trans. 1792. Daraus in Gren Journ. T. VI
Vergl. dessen Exper. Essays. Ess. VI.

2 Vergl. Art. *Heizung*. Bd. V. S. 189.

3 Experimental Essays. Ess. VII. Lond. 1797. Gren
T. IV. p. 418. G. I. 214. 323. II. 249. Nicholson's Jour
Journ. de Phys. T. IV. Cah. 3 u. 4. Biblioth. Brit. T. XXII
Thomson's Chemistry T. I. p. 91.

Digitized by Google

geführt wurde, die expansibelen sowohl als auch die
n Flüssigkeiten seyen absolute Nichtleiter der Wärme
tere werde in ihnen blofs durch die Bewegung ihrer
ortgeführt. Diese Behauptung fand lebhaften Wider-
nd veranlafste einen anhaltenden Streit und eine Menge
uchen, weil es so ausnehmend schwer war, den Ein-
Beweglichkeit der erwärmten Theile gänzlich auszu-
, bis das Problem neuerdings durch unzweideutige
entschieden worden ist. Wir wollen hierüber das
te mittheilen.

) Kaum hatte Rumford seine anscheinend paradoxe
von der gänzlichen Unfähigkeit der Flüssigkeiten, die
zu leiten, aufgestellt, als er auch eine Menge Gegner
ren mühsame Versuche genügend darthun, wie schwer
irgend einen Satz unwidersprechlich zu begründen oder
legen. Rumford stützte seine Behauptung, dafs we-
nsibele noch auch tropfbare Flüssigkeiten eigentliche
r Wärme seyn können, auf das Argument, dafs jedes
Theilchen wegen der grofsen Ausdehnungsfähigkeit
Körper sogleich specifisch leichter wird und aufsteigt,
ie aufgenommene Wärme mit sich fortführt und dem-
ht an ein benachbartes Theilchen abgeben kann. Die-
teigen findet allerdings statt, wie man vermittelst klei-
den tropfbaren Flüssigkeiten schwebender Körperchen
rnahrt, es dient daher vorzugsweise und im hohen
ur Verbreitung der Wärme in der ganzen Masse der
elen und tropfbaren Flüssigkeiten und somit zur Er-
vieler Phänomene, insbesondere wenn man die gleich-
ufgefundene Entdeckung, dafs das Wasser über dem
ncte am dichtesten ist, hinzunimmt; allein es folgt
neswegs, dafs nicht das aufsteigende Theilchen auch
einige Wärme an berührende Theilchen abgeben und
Weise die Wärme wirklich fortleiten könne. In-
brachte Rumford einen in siedendem Wasser er-

---

urz erwähne ich de Luc in v. Crell's chem. Ann. 1798. Th. I.
G. I. 464. Hope in Edinb. Phil. Trans. T. V. p. 394 und
in Philos. Trans. 1816. p. 106. Prevost in Journ. de Phys.
v. Achard in Nouv. Mém. de Berlin. 1786. Uebers. in Crell's
on. 1787. Th. II. S. 195 u. 291.

hitzten eisernen Cylinder mit Vorsicht, um Strömung vermeiden, bis zu 0,2 Z. Entfernung über eine Eisp einem mit feinem Olivenöle angefüllten cylindrischen ohne dafs die Eisspitze schmolz oder im mindesten v wurde.

289) Gegen die Behauptung, dafs alle Flüssigkei solute Nichtleiter der Wärme seyen, erklärte sich Soc indem er theils die Beweiskraft der Versuche angrif ihnen andere entgegensetzte, die zur Widerlegung GRIMM[2] aus blofs oberflächlichen Gründen und Nac in Gemäfsheit sinnreicher Versuche, die wir aber hie gehn, um für andere, wohl noch wichtigere Raum zu nen. MURRAY[4] brachte in einen hohlen Cylinder von Kugel eines empfindlichen, horizontal liegenden Therm so, dafs die Kugel sich in der Axe des Cylinders befa eine Schicht Mandelöl darüber, deren Oberfläche nur über die Kugel hervorragte, hing dann einen hohlen C von Eisenblech mit flachem Boden bis fast zur Berühr Oels darüber auf und füllte diesen mit zwei Unzen sie Wassers. In 1,5 Min. stieg das Thermometer um 0°,41 3 Min. um 1°,39; in 5 Min. um 2°,37; in 7 Min. um und wurde dann stationär. War die Oelschicht über d gel höher, so erfolgte das Steigen langsamer, aber selbst ihre Dicke 0,75 Z. betrug, stieg das Thermometer in um 0°,83 C. Quecksilber statt des Oels genommen gab Resultate, jedoch erfolgte das Steigen schneller, wodu also diese Flüssigkeit nicht blofs als ein Leiter der sondern auch als ein besserer in Vergleichung mit de zeigt. Aehnlich sind die Versuche von TRAILL[5], wo zugleich das relative Leitungsvermögen der verschiedene sigkeiten aus der ungleichen Geschwindigkeit der dur menden Wärme auszumitteln suchte. Die Flüssigkei fanden sich, um Zuleitung von aufsen zu vermeiden, in hölzernen Gefäfse, in dessen Axe die Kugel eines horiz

1 Journ. de Phys. T. VI. p. 441. G. VI. 407.
2 G. VII. 861.
3 Dessen Journ. V. 197. Bibl. Brit. T. XVIII. p. 3.
4 System of Chimistry 3d ed. T. I. p. 305. Vergl. Nic Journ. 8vo. T. I. p. 165 u. 241. G. XIV. 158.
5 Nicholson's Journ. T. XII. p. 137.

Digitized by Google

nometers 0,5 Z. unter der Oberfläche der Flüssigkeit zum
n der Erwärmung diente. Die Oberfläche der Flüssig-
wurde dann mit einem bis zur Siedehitze erwärmten
n Cylinder berührt und die Zeit gemessen, binnen wel-
s Thermometer um 1°,67 C. stieg. Hierzu waren er-
lich für

ecksilber	0′ 15″	zerflossene Pottasche	8′ 15″
Lös. von schwe-		Kuhmilch	8 25
felsaurer Soda . . .	6 30	ges. Alaunsolution .	9 40
asser	7 5	abs. Alkohol	10 45
eingeist	8 0		
upfervitriol in 5 Th.			
Wasser	8 1		

Früher trat THOMAS THOMSON[1] als Gegner des aufge-
n neuen Gesetzes auf, wobei er zuerst die eigentliche
age sehr präcis feststellt, indem er die Behauptung, dafs
e Wärme in den Flüssigkeiten vorzugsweise durch die
ung ihrer Theile verbreitet, als gültig zugesteht, die an-
ber, wonach in ihnen bei völliger Ruhe ihrer Theile gar
Fortpflanzung derselben statt finden soll, in Abrede stellt,
nn fand, dafs Eis unter eiskaltem Wasser, wenn über
es eine Schicht heifses gegossen wurde, schmolz, und
dieses davon her, dafs das zunächst unter dem heifsen
Eiche, um einige Grade erwärmte als specifisch schwerer
ank; allein hieraus folgt doch nothwendig, dafs die näch-
tieferen kalten Wasserschichten von der oberen heifsen
e annehmen mufsten, und wenn eine Schicht (ohne Mi-
g) Wärme von einer andern annimmt, so ist damit die
ng von selbst gegeben. Mit gleichem Rechte zeigt er,
UMFORD andere Resultate erhalten haben würde, wenn
r einer Eisspitze ein Thermometer als weit empfindlicher
lt hätte. Aufserdem aber stellte er directe Versuche an,
er Quecksilber in eine tubulirte Retorte gofs, über die-
rsichtig eine leichtere, gleich kalte, und hierüber dieselbe
ere erhitzte so vorsichtig brachte, dafs keine Bewegungen
nden. Aus dem Verhalten der drei Thermometer A, B

Fig. 54.

[1] Nicholson's Journ. T. V. p. 529. C. XIV. 129.

und C ergab sich, dafs die Wärme von oben herab durch Strömungen verbreitet, noch an den Wandungen Gefäfses herabgeführt, sondern durch die Masse des Quecksilbers geleitet wurde. Auf gleiche Weise prüfte er Wasser, Schwefelsäure, die sich gleichfalls als Wärmeleiter, wenn auch als sehr schlechte im Verhältnifs zum Quecksilber zeigten. John Dalton[1] blieb bei diesem Streite kein müfsiger Zuschauer, sondern stellte eine grofse Reihe vielfach modificirter Versuche an, aus denen unverkennbar hervorging, dafs auch Wasser als auch Quecksilber die Wärme leiten und unter sich gegenseitig austauschen, wenn gleich das Leitungsvermögen namentlich das des Wassers, in Vergleichung mit festen Körpern ein sehr geringes ist; indefs ist dasselbe beim Eise noch gleich geringer, denn als ein Eisstück, in dessen oberen sich die Thermometerkugel befand, mit dem andern in kaltmachende Mischung getaucht wurde, sank das Thermometer erst nach geraumer Zeit um nicht mehr als 0°,28 C.

290) Während die genannten englischen Physiker der Rumford aufgestellten Satz bestritten, waren auch einige den Deutschen nicht müfsig, und insbesondere liefs sich Biot[2] angelegen seyn, das wichtige Problem einer nochmaligen genauen Prüfung zu unterwerfen, die Rumford selbst im Interesse der Wahrheit gewünscht hatte[3]. Zuerst beleuchtete er mit kritischem Scharfsinn die angegebenen Versuche nebst der Gültigkeit der aus ihnen abgeleiteten Schlüsse, und wies die Unhaltbarkeit derselben aus Gründen nach, die zum Theil schon erwähnt worden sind und hier füglich übergangen werden können, da man dieselben gegenwärtig bei dem vorgerückten Stande der Wissenschaft leichter selbst auffinden kann. Die eigenen Versuche bezogen sich auf das Wärmeleitungsvermögen der Luft, des Wassers und des Quecksilbers, wozu ein eigens

Fig. 55. struirter Apparat verwandt wurde. Dieser bestand aus einer Glasröhre mit einer Fassung, auf einem Dreifufs vertical befestigt. Durch die Fassung ging die Röhre eines krummen Thermometers, dessen Kugel A so grofs war, dafs sie den inneren Raum der Röhre bis auf Papierdicke ausfüllte.

1 Mem. of the Soc. of Manchester. T. V. p. 473. G. XIV.
2 G. XVII. 257.
3 Ebendaselbst XV. 241. 369.

Digitized by Google

war der Fall bei dem eisernen Cylinder B, welcher in
m Wasser 5 Min. lang erhitzt, dann schnell abge-
und an einem Drahte hängend in die Röhre herabge-
urde. Als sich in der Röhre Luft befand, stieg das
neter bei 1 Lin. Abstand des Cylinders von der Kugel
n. von 12°,9 R. bis 21°,3, bei 3 Lin. Abstand in 10
n 13°,2 bis 18°,75, bei 6 Lin. Abstand in 10 Min.
8 bis 16°,3, bei 12 Lin. Abstand in 13 Min. von
n 14°,7. Als die Röhre mit Wasser so gefüllt war,
es durch den herabgelassenen Cylinder bis zur Ober-
sselben hinaufgedrückt wurde, stieg das Thermometer
n. Abstand in 6 Min. von 14°,25 R. bis 24°,2, in 3
tand binnen 9 Min. von 14°,25 bis 21°,3, in 6 Lin.
binnen 12 Min. von 14° bis 17°,7, in 12 Lin. Ab-
15 Min. von 14°,25 bis 15°,35. Bei den Versuchen
cksilber tauchte nur der dritte Theil des Cylinders in
etall und das Thermometer stieg bei 1 Lin. Abstand
n. von 14°,3 bis 34°,4, bei 3 Lin. Abstand in 2 Min.
3 bis 30°,7, bei 6 Lin. Abstand in 3 Min. von 14°,2
l und bei 12 Lin. Abstand in 6 Min. von 12°,6 bis
Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dafs Quecksilber
r, Wasser ein schlechter, Luft ein noch schlechterer
iter sey; die gänzliche Abwesenheit des Leitungsver-
bei Flüssigkeiten ist aber mit diesen Resultaten ganz
ber. Inzwischen machte PARROT sich selbst den Ein-
fs die Wärme nicht durch die Flüssigkeit, sondern
Glasröhre geleitet worden seyn könne. In diesem Falle
ie Wärme dann allerdings von der Seite zur Thermo-
el gelangen und somit dennoch eine Leitung statt
allein PARROT begnügte sich hiermit nicht, sondern
nige neue Versuche an, bei denen er Quecksilber in
re gofs, darüber etwas Wasser, zwischen welchem und
ben Cylinder eine dünne Luftschicht blieb, während
en des Cylinders in 3 Lin., also in gleichem Abstande
Thermometerkugel, als in einem der früheren Versu-
ch befand. Hierbei mufste das Thermometer gleich
steigen, wenn die Wärme durch die Glasröhre und dem-
urch Strömungen fortgepflanzt worden wäre, allein es stieg
in. von 12°,5 nur bis 17°,3. In Gemäfsheit der über-
nenden Resultate dieser zweckmäfsig angelegten und mit

Genauigkeit ausgeführten Versuche darf man wohl
tungsfähigkeit der Flüssigkeiten als erwiesen betrachten

291) Nach einer geraumen Zwischenzeit wurde die
frage zur endlichen Entscheidung gebracht durch
welche Despretz[2] anstellte, worin er allen den streng
derungen genügte, welche gegenwärtig an diejenigen
werden, die sich der Lösung einer solchen Aufgabe
Als Apparat diente ein langer hohler Cylinder, welch
recht gestellt und mit mehreren Thermometern versehen
deren Kugeln sich in der Axe des Cylinders befanden,
rend die horizontalen Röhren derselben mit ihren Scale
die Wandungen herausragten. Die Oberfläche des
dem genannten Cylinder berührte der Boden eines
Gefäfses mit siedendheifsem Wasser, welches durch
eignete Vorrichtung von 5 zu 5 Minuten erneuert wurde
ergab sich aus den erhaltenen Resultaten, dafs dann,
so leicht entstehenden Strömungen vermieden werden,
pflanzung der Wärme durch eine Wassersäule nach
lichen Gesetzen geschieht, als durch eine Metallstange
gleich dieses einfach aus theoretischen Gründen folgt
her die Bestätigung desselben durch die Versuche nicht
lich auffallen konnte, so berücksichtigte dennoch
die verschiedenen hiergegen vorgebrachten Einwendungen
änderte daher seine Versuche in der Weise ab, dafs
sen dadurch begegnet wurde. Zu dem Ende wählte
weiteren Cylinder von 405 Millim. Durchmesser, 1
und 28 Millim. Dicke der Wandungen. Aufser den
tern, deren Kugeln sich in der Axe des Cylinders
brachte er noch eine zweite Reihe an, deren Kugeln nur
Abstand von der innern Seite der Wandungen hatten,
lich eine dritte Reihe, deren Kugeln in die Wandungen
eingelassen, die Löcher aber mit Wachs verstopft wurden
den Einfluss der äufsern Luft abzuschneiden. Der

1 Einige Einwendungen Rumford's, hauptsächlich
chern im Eise des Chamouni hergenommen, in G. XVIII.
Parrot's Widerlegung derselben ebendaselbst XXII. 143
ich.

2 L'Institut VI. Ann. N. 257 u. 285. Comte rendu
p. 935. Ann. de Chim. et Phys. T. LXXI. p. 206. Poggendorff
XLVI. 340.

mäfsige Abstand der ersten Reihe von Thermometern
Kugeln bis in die Axe des Cylinders ragten) von ein-
betrug 90 Millim., und um bei der schlechten Leitungsfä-
t des Wassers dennoch zu genügenden Resultaten zu ge-
, dauerte die Versuchsreihe 60 Stunden, allein auch in
langen Zeit veränderten die untersten sechs Thermometer
Stand nicht, blofs die oberen sechs zeigten das Gesetz
ärmeleitung. Folgendes sind die erhaltenen Resultate:

Abstand von der Wärmequelle	Stand der Thermometer im Centrum	5 Millim. von der Wand	in der Wandung
0,091 Met.	42°,46	33°,45	25°,52
0,136 — —	33,82		
0,181 — —	28,03	23,20	19,45
0,226 — —	23,60		
0,271 — —	20,47	17,66	16,28
0,316 — —	18,22		

rmel für die Fortpflanzung der Wärme in einer metall-
arre ist nach Poisson (vergl. §. 293):

$$u = A e^{-x\sqrt{\frac{\gamma}{k}}} + B e^{x\sqrt{\frac{\gamma}{k}}}$$

r eine unendlich lange Barre:

$$u = A e^{-x\sqrt{\frac{\gamma}{k}}},$$

u den Unterschied der Temperatur eines Punctes in der
nung x über die äufsere, γ die äufsere, k die innere
gfähigkeit bezeichnen, A und B aber Constanten sind.
obachtungen geben folgende geometrische Reihe, wie sie
einer unendlich langen Barre zeigen würden:

Temperaturen	Unterschied	Quotienten
42°,46 C.	29°,21 C.	1,42
33,82 —	20,57 —	1,39
28,03 —	14,78 —	1,43
23,60 —	10,35 —	1,43
20,47 —	7,22 —	1,43
18,22 —	5,03 —	1,44

Die äufsere Temperatur war in den letzten drei Stund
haltend 13°,25 C. Despretz prüfte mittelst dieser beid
gleich weiten Cylinder auch das Verhältnifs ihrer Durc
und den Quotienten der geometrischen Progressionen,
für endliche Gröfsen zeigten. Nach Poisson N. f
det hierbei für metallene Barren das Gesetz statt

$\frac{\text{Log.}q}{\text{Log.}q'} = \sqrt{\frac{D'}{D}}$, wenn q und q' die Quotienten, D und
Durchmesser bezeichnen. Die Versuche gaben $\frac{\text{Log.}q}{\text{Log.}q'}$

und $\sqrt{\frac{D'}{D}} = 1{,}36$. Rücksichtlich der eigentlichen F
durch diese Versuche wohl evident entschieden, dafs d
ser allerdings nicht blofs die Wärme durch seine Ma
leite, sondern hierbei auch den nämlichen Gesetzen,
Körper, unterliege. Ueber andere Flüssigkeiten ist zwa
dadurch bestimmt, allein aus der Uebereinstimmung,
sämmtliche Flüssigkeiten in den vielen andern Versu
zeigt haben, dürfen wir mit Grunde schliefsen, dafs
auf gleiche Weise als das Wasser verhalten. Dieses f
dann zu dem wichtigen Resultate, dafs die Fortpflan
Wärme durch tropfbare Flüssigkeiten nach den nämlic
setzen geschieht, als durch feste Körper. Berücksich
die aus zahlreichen Versuchen hervorgehenden Resul
die Fortpflanzung der Wärme in den Gasarten, vora
dafs die Bewegungen in denselben dabei keinen Ein
üben, so erstreckt sich die Folgerung noch weiter und
dem allgemeinen Satze, dafs die Fortpflanzung der W
allen Körpern, sowohl expansibelen, als auch tropfba
gen und festen, nach dem nämlichen Gesetze geschieh
jedoch gleiche Räume nach dem verschiedenen Leit
mögen der Körper sehr ungleiche Zeiten erfordern, und
der Art, dafs für grofse Abstände bei schlecht leitend
stanzen, als tropfbaren und insbesondere elastischen
keiten, unendlich lange Zeiten erforderlich seyn
Machen wir endlich eine Anwendung auf den leeren
von der Thatsache ausgehend, dafs die Geschwindigk
Leitung mit der Dichtigkeit der expansibelen Flüssigkei
nimmt, so führt uns dieses zu dem Schlusse, dafs die

Digitized by Google

e, welche durch Tausende von Meilen von einan-
net sind, ihre Wärme wechselseitig auszutauschen
nögen, weil hierzu eine unendlich lange Zeit erforder-
würde[1]. Hypothetisch könnten wir hinzusetzen, dafs
tes Vacuum gar nicht existirt, sofern Dämpfe und
e, namentlich der Lichtäther, überall verbreitet sind,
ungsvermögen jedoch ihrer Dichtigkeit proportional,
lwindend gering seyn müfste[2].

ıflanzung der Wärme in festen Körpern.

Die Fortpflanzung der Wärme in festen Körpern hat
alle Erscheinungen ihrer Aufnahme, Abgabe und
; unter dem gemeinschaftlichen Namen der *Wärme-*
sammengefafst. Dieser Mangel an Trennung der
artigen Erscheinungen hatte zur Folge, dafs die
e Wärmeleiter zugleich auch die besten seyn soll-
ch auffallend aus der (§. 260) mitgetheilten Tabelle
ie Sache ist übrigens leicht begreiflich. Es versteht
h von selbst, dafs diejenigen Körper, welche die
wenigsten durch Attraction binden und daher am
e von einem Elemente zum andern übergehn lassen,
leichtesten abgeben (ein Verhalten, welches im Ab-
ild*ung* untersucht worden ist) und sich somit als die
leiter in diesem Sinne zeigen. Die mit den ent-
en Eigenschaften versehenen Körper geben die Wär-
ab, erscheinen demnach als schlechte Wärmeleiter,
dagegen begierig auf und führen sie sowohl leicht
von einem ihrer Theilchen zum andern, sind also
ziehung gute Wärmeleiter. In diesem Abschnitte
i der Fortpflanzung der Wärme im Innern fester
Rede.

Annahme würde gleichfalls am besten zu der §. 372 hy-
gestellten Theorie passen.
wohl zu merken, dafs der Durchgang der *strahlenden*
n unter Nr. 3 die Rede seyn wird, ganz verschiedenen
; namentlich geht die strahlende Wärme nach Melloni
Wasser, obgleich dieses nach den angegebenen Versu-
er, wenn auch ein sehr schlechter, der gewöhnlichen

Die ungleiche Leitungsfähigkeit der verschiede
zeigt sich täglich in zahlreichen Erscheinungen. Le
eine Ende gleich langer Stangen von Metall, Gla
Pfeifenthon ins Feuer, so wird die Wärme in sehr
Zeiten sich auf gleiche Entfernungen verbreiten; m
Glasstange und ein Pfeifenrohr wenige Zoll von
henden Ende entfernt mit den Fingern ohne Nach
ren, während die Metallstange hierzu eine zu hoh
tur angenommen hat. Die Körper müssen sich hi
ner kälteren Umgebung befinden, werden daher s
durch Strahlung verlieren, und es mufs demnach b
gewisse Entfernung von der Wärmequelle, aus w
Wärme zuströmt, statt finden, in welcher die Me
geführten Wärme der abgegebenen gleich ist, mith
berschufs derselben mehr existirt; allein diese Entfe
bei den verschiedenen Körpern ihrem Leitungsvern
kehrt proportional. Die genaue Erörterung der
fällt also in zwei Untersuchungen, zuerst welche
Wärme am schnellsten fortleiten, und zweitens n
Gesetzen diese Leitung überhaupt geschieht.

293) Ingenhouss[1] steckte gleich dicke und
Drähte verschiedener Metalle durch eine Scheibe,
oberhalb derselben mit Wachs und tauchte ihre un
in Oel, welches bis etwa zur Siedehitze des Was
war; die Höhe, bis zu welcher das Wachs in d
Zeit schmolz, gab ihm das Verhältnifs des Leitun
Hiernach erhielt er aus 12 Versuchen im Mittel f
baren Metalle folgende Reihe ihres abnehmenden
mögens: Silber, Kupfer, Gold und Zinn gleich,
Blei. Ure[2] wiederholte diese Versuche und erh
Reihe: Silber, Kupfer, Messing, Eisen und Zinn g
eisen, Zink, Blei.

In neuerer Zeit hat man nicht blofs die r
tungsfähigkeit der verschiedenen Körper, sonde
Gesetz dieser Fortpflanzung auszumitteln gesucht.

---

1 Journ. de Phys. T. XXXIV. p. 68. Nouvelles
Verm. Schriften. Ueb. von Molitor. Wien 1784. Th. II.
Journ. d. Phys. Th. I. S. 154.

2 Herschel in Encycl. Met. Art. Heat. p. 299.

Digitized by Google

ieses durch RUMFORD[1], indem er das eine Ende einer Stange in ein mit kochendem Wasser, das andere in Eis gefülltes Gefäfs führte, in der Stange selbst aber ch weit von den Enden und von einander abstehende nbrachte, in welche er etwas Quecksilber zur besseren gofs und in dieses die Kugeln dreier feiner Thermo- senkte. Er erwartete, dafs das mittlere derselben auch re Wärme der beiden andern angeben müsse, wonach tz der Fortleitung durch eine gerade Linie ausgedrückt llein nach dem *Newton'schen Gesetze* mufs diese Li- ogarithmische Curve seyn. Die theoretische Entwicke- s Gesetzes in Beziehung auf das vorliegende Problem t BIOT[2], welcher zugleich einige Versuchsreihen zur

XVII. 222.

ndaselbst XVII. 231. Ausführlicher in Traité de Phys. T. Vergl. HAUY in Journ. des Mines T. XVII. p. 203. PLAY- ab. Phil. Trans. T. VI. p. 355. Handelt es sich um diese Allgemeinen, so erstreckt sich die Untersuchung auf die der Wärme im Raume überhaupt, ein namentlich von n Gelehrten mehrmals und mit grofsem Aufwande analyti- behandeltes Problem. Dahin gehört zuerst LAMBERT in metrie, dann aber wurde die Aufgabe weit ausführlicher ther behandelt durch BIOT in Mém. sur la propagation de Par. 1804, vergl. Bibl. Brit. T. XXVII., demnächst von Mém. sur la chaleur. Par. 1807 und in seiner Preisschrift Mém. de l'Acad. des Sc. T. IV u. V. und abermals in lytique de la chaleur. Par. 1822. 4. Gleichzeitig finden behandelt durch LAPLACE in Connaissance des Temps 1823 cél. Liv. XI. übereinstimmend mit FOURIER. Durch eine Analyse gelangte POISSON zu demselben Resultate in ei- Mémoire in Journal de l'École polytechnique Cah. 19. und in Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. 4. en nicht angemessenen zu grofsen Raum erfordern, woll- auf diese ausführlichen Untersuchungen eingehe, auf die r verweisen. Noch gehört hierher ein Mém. von DULONG Journ. de l'École polytechnique Cah. 18, worauf sich LAMÉ tersuchung über die Verbreitung der Wärme in einem sieht. L'Institut 1re Ann. Nr. 7. CAUCHY in Exerc. T. III. zeigt, dafs man auf einfache Weise zu einem allge- ucke über die Verbreitung der Wärme im Raume über- n könne. Ihm ist die Wärme eine Flüssigkeit, deren en sich von einem durch die Coordinaten (x, y, z) ge- te nach derjenigen Richtung bewegt, nach welcher die nahme der Wärme die stärkste ist, und die Menge der-

Fig. 56. Prüfung desselben anstellte. Denkt man sich eine
Stange AB von so geringer Dicke, dafs die Wärme
Puncten ihrer Querschnitte als gleichmäfsig hoch zu betra
das eine Ende A in eine beständige Wärmequelle einge

---

selben, welche während des Zeitelementes ∂t durch ein F
ment geht, welches lothrecht auf diese Richtung ist, mafs
nahme der Dichtigkeit proportional seyn, bedingt durch die
fähigkeit dieses Punctes. Es sey dann durch diesen Pun
chenelement s gelegt, auf dieses werde ein Perpendikel ge
ches die Winkel λ, μ, ν mit den rechtwinkeligen Axen x,
det, k sey das Leitungsvermögen des Punctes und ϱ die
der Wärme, so ist die Wärmemenge, welche während
mentes ∂t durch das Flächenelement s geht, gegeben dur
druck:

$$-k\left(\text{Cos.}\lambda\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\mu\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\nu\frac{\partial\varrho}{\partial z}\right).$$

Gehört s der äufsern Oberfläche eines festen Körpers an,
peratur desselben $=\varrho$, die äufsere $=\sigma$ und die Wärme
während des Zeitelementes ∂t durch s geht, $=\varrho-\sigma$, so

$$-k\left(\text{Cos.}\lambda\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\mu\frac{\partial\varrho}{\partial y}+\text{Cos.}\nu\frac{\partial\varrho}{\partial z}\right)=K(\varrho$$

worin K den Strahlungscoefficienten der Oberfläche bezei
ser Ausdruck ist also auch auf die oben abgehandelte S
wendbar. Ist die Temperatur des äufseren umgebenden
so hat man:

$$\text{Cos.}\lambda\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\mu\frac{\partial\varrho}{\partial y}+\text{Cos.}\nu\frac{\partial\varrho}{\partial z}+\frac{K}{k}\varrho=0$$

Endlich findet unter denselben Voraussetzungen die bek
statt:

$$\frac{\partial\varrho}{\partial t}=k\left(\frac{\partial^2\varrho}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varrho}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\varrho}{\partial z^2}\right).$$

In der Allgemeinheit, wie dieses Problem durch Fourier
Andere nach ihnen aufgefafst worden ist, bezieht es sich
gabe, den veränderlichen und endlichen Zustand der T
nes gegebenen Punctes im Innern eines homogenen K
gebener Form zu bestimmen, dessen Oberfläche consta
quellen ausgesetzt ist oder in eine Umgebung von bek
ratur Wärme ausstrahlt, berechnet für gerade Cylinder
der Grundfläche, für die Kugel und wenig von der K
weichende Körper, für senkrechte Prismen mit rechteck
dreiseitige regelmäfsige Prismen u. s. w. Besondere
dann für Körper und Hüllen von Oberflächen des zweite
grenat erforderlich.

Digitized by Google

unendlich verlängert, in der Stange aber Thermometer auf
gebene Weise eingesenkt und durch einen Schirm gegen den
der Wärme in A geschützt, so wird von drei in ihr ange-
nen Querschnitten der eine m in jedem Zeitelemente Wärme
vorderen 'm empfangen und an den folgenden m' abgeben,
ein Thermometer bei m, sofern es weniger warm ist, als
meter in 'm, und weniger Wärme an m' abgiebt, als es
alt, zuletzt die Wärme der Quelle selbst annehmen,
er erst in einer unendlich langen Zeit geschehn
Allein es tritt hierbei zugleich der Einfluſs der Strah-
bedingend ein, indem jedes der Thermometer an die
, so lange diese nicht von gleicher Temperatur ist,
giebt. Hiernach muſs also das Steigen des Thermo-
aufhören, sobald die Wärme, welche es von 'm er-
genigen gleich ist, die es an m' abgiebt und die es
hlung verliert, so daſs dasselbe dann stationär wird.
n (y) die Temperatur der Umgebung und $y + (y)$ die
r der Barre zur Zeit t in demjenigen Querschnitt, wel-
Abscisse x zugehört, die von jedem Puncte seiner
genommen werden kann, so ist die Differentialglei-
elche das dem Differential der Zeit zugehörige Diffe-
e Temperaturänderung bezeichnet:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = a\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - by.$$

eichnen a und b Constanten, die für die ganze Länge
ich sind; b bezeichnet die Geschwindigkeit der
ühlung eines jeden Punctes der Oberfläche für sich
a dagegen ist der Coefficient, welcher sich auf die
der Temperaturen zwischen den Elementen des
eht und mit der Schnelligkeit dieser Mittheilung
ist die Temperatur der Barre stationär geworden, so
die Temperaturen nicht mehr, $\frac{\partial y}{\partial t}$ wird 0 und die
heiſst

$$a\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - by = 0,$$

tändiges Integral ist:

$$= A\,10^{-\frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}} + B\,10^{\frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}}.$$

Hierin bezeichnet M den Modulus der gemeinen Loga
= 2,302585, A und B aber Constanten, die durch V
bestimmt werden. Denken wir uns den einfachen Fall
das eine Ende der Barre in einer constanten Te
= (y) + Y erhalten würde, das andere Ende aber so w
fernt wäre, um den Einflufs von y unmerkbar zu mache
würde für x = 0 auch y = Y werden und man hätte
welches substituirt

$$y = Y\,10^{-\frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}},$$

also

$$\text{Log.}\,y = \text{Log.}\,Y - \frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}$$

giebt, woraus y gefunden werden kann, wenn a
kannt sind. In den meisten Fällen ist dieses nicht
vielmehr müssen sie durch Versuche gefunden werden.

294) Biot stellte mehrere Reihen von Versuchen
denen er einige mittheilt, die in mehrfacher Hinsic
sante Resultate gaben. Barren von verschiedenen Me
welche mehrere Thermometerkugeln in gleich weit
Vertiefungen mit Quecksilber gefüllt eingesenkt war
den am einen Ende mit einer Wärmequelle (durch ei
geistlampe erhitztes Oel oder Quecksilber) von gl
Temperatur verbunden, und waren so lang, dafs d
nicht bis zum andern Ende gelangte; der Versuch w
so lange fortgesetzt, bis die Temperatur sämmtliche
meter eine genügende Zeit stationär blieb. Eine
wurde am einen Ende in Quecksilber von 82° R. W
taucht, die äufsere Luft war 13° R., also Y = 82 —
und die 8 Thermometer hatten folgende Abstände
Wärmequelle in Decimetern:

Nr. 1	Abstand	2,115	Nr. 5	Abstand	5,00
— 2	—	3,115	— 6	—	7,7
— 3	—	4,009	— 7	—	9,6
— 4	—	4,970	— 8	—	11,5

Der Abstand des Endes betrug 27,342 Centim. Um
Ungewifsheit der Wärme des Metalls dicht bei der

Digitized by Google

ine Irrthümer einzuführen, wurde Y als unbekannt aus
ıde des ersten und dritten Thermometers gefunden.
war

r Nr. 1 ... $y' = 23°,5$ ... $x' = 2,115$
r Nr. 3 ... $y'' = 9,0$ ... $x'' = 4,009$

ıßen in die Gleichung eingeführt geben folgende

$$= \text{Log.Y} - \frac{x'}{M}\sqrt{\frac{b}{a}};\ \text{Log.}y'' = \text{Log.Y} = \frac{x''}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}.$$

giebt

$$= \frac{\text{Log.}y' - \text{Log.}y''}{x'' - x'};\ \text{Log.Y} = \frac{x''\text{Log.}y' - x'\text{Log.}y''}{x'' - x'}$$

ihlen

$$0,2200767;\quad \text{Log. Y} = 1,8355310;\quad Y = 68°,475.$$

gefundene Werth von $Y = 68°,475$ weicht so wenig
ınmittelbar durch Messen gefundenen $= 69$ ab[1], dafs
ch erhaltenen Constanten a und b als richtig gelten,
die Temperaturen y, y', y'' ..... für die Abscissen
..... oder die Temperaturen der Querschnitte des
gegebenen Entfernungen von der Wärmequelle nach
el:

$$\text{Log. y} = \text{Log. Y} - \frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}$$

ichерheit berechnen lassen. Die folgende Tabelle ent-
obachteten und die berechneten Werthe von y.

---

bemerkt nur, dafs beide Werthe nicht um voll 0°,5 R.
w abweichen; es liegt aber sehr nahe bei der Sache, dafs
Uebereinstimmung eher gegen, als für die Genauigkeit der
tscheiden würde. Die eiserne Barre verlor anhaltend durch
nd selbst ihr eingetauchtes Ende konnte daher die volle
s heifsen Quecksilbers nicht annehmen, auch diejenige
das eingetauchte kürzere und schlechter leitende Thermo-
gte. Darum sind auch die Differenzen der folgenden Ta-
ıns negativ.

Y — y

Reihe der Thermometer	beobachtet	berechnet	Unterschiede
Nr. 0	69°,00	68°,48	−0°,52
— 1	23,50	23,50	0,00
— 2	14,00	14,16	+ 0,16
— 3	9,00	9,00	0,00
— 4	5,75	5,55	− 0,20
— 5	3,75	3,45	− 0,30
— 6	1,75	1,33	− 0,42
— 7	1,00	0,51	− 0,49
— 8	unmerklich	unmerklich	

Das achte Thermometer in 11,556 Decimeter Abstand [von der] Wärmequelle wurde nicht mehr merklich afficirt. Man [kann] also fragen, wie heifs eine Wärmequelle seyn müfste, [damit] Thermometer in einer gewissen Entfernung, wir nehmen [z. B.] Meter, um 1° R. noch steigen zu machen. In diesem [Falle] ist y = 1 und Log. y = 0, x = 20 Decimeter, und [nach der] Formel

$$\text{Log. } y = \text{Log. } Y - \frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}} \text{ wird Log. } Y = \frac{20}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}$$

woraus für die gefundenen Constanten a und b der Wert [von] Y = 25208° R. gefunden wird. Hiernach wäre es [also] möglich, eine Hitze zu erzeugen, wodurch eine 2 Meter [lange] Eisenstange, ungeachtet der grofsen Leitungsfähigkeit [des Me]talle, um 1° R. an ihrem äufsersten Ende erwärmt [werden] könnte.

Bei einem Versuche mit einer andern, von der [vorigen] verschiedenen Eisenstange, wobei Y = 191°,9 R. war, [wurde] Coefficient $\frac{1}{M}\sqrt{\frac{b}{a}} = 0{,}2197849$ von dem vorigen so [wenig] abweichend gefunden, dafs man ihn für Eisen füglich [= 0,22] = 0,22 annehmen kann. Bei Kupfer, worin 14 [Decimeter] meter eingesenkt waren und Y = 246°,524 betrug, [wurde] $\frac{1}{M}\sqrt{\frac{b}{a}} = 0{,}0882726$ gefunden.

295) Später stellte Despretz[1] einige Versuche [an]

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XIX. Dessen Traité élément.

lenen Metallen und andern Körpern in der Gestalt von qua-
chen Prismen an, die auf gleiche Weise mit eingesenkten
ometern versehn waren, deren eines Ende aber durch
ntergesetzte Lampe erwärmt wurde. Die Barren waren
on gleichen Dimensionen, die Seite des quadratischen
chnittes betrug 21 Millim., die 10 Centimeter von einander
enden Vertiefungen hatten 6 Millim. Durchmesser und
n bis zu einer Tiefe von $\frac{2}{3}$ des Durchmessers der Barren

Vor allen Dingen wurde gesorgt, dafs der Stand der
ometer sich nicht mehr veränderte, welches 3 Stunden,
nze Versuch aber 6 Stunden Zeit erforderte[1], und nicht
r dafür, dafs die äufsere Temperatur sich nicht ver-
t.

Kupfer. Aeufsere Temperatur 17°,08 C.

1	Thermometer zeigte	83°,44.	Ueberschufs	66°,36
2	— —	63,36	—	46,28
3	— —	49,70	—	32,62
4	— —	41,40	—	24,32
5	— —	35,71	—	18,63
6	— —	33,26	—	16,18

bstände der Thermometer bildeten eine arithmetische
, die Abnahmen der Temperaturen eine geometrische,
eine Bestätigung des *Newton'schen Gesetzes* liegt. Die
nten der auf einander folgenden Gröfsen sind = 1,4;
,4.

Eisen. Aeufsere Temperatur 13°,02 C.

1	Thermometer zeigte	75°,92.	Ueberschufs	62°,90
2	— —	49,71	—	36,69
3	— —	33,54	—	20,52
4	— —	25,34	—	12,32
5	— —	21,21	—	8,19
6	— —	19,63	—	6,61

825. 8. p. 195. Später Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 422.
ldorff's Ann. XII. 281.

Es ist bei diesen Versuchen zu bedauern, dafs die Barren nicht
glich lang waren, um den Einfluſs der Erwärmung auf die ent-
ten Thermometer = 0 zu machen.

Digitized by Google

Zinn. Aeufsere Temperatur 17°,34 C.

1	Thermometer zeigte		80°,75.	Ueberschufs	63°,41
2	—	—	52,51	—	35,17
3	—	—	38,86	—	21,52
4	—	—	32,36	—	15,52

Zink. Aeufsere Temperatur 5°,62 C.

1	Thermometer zeigte		69°,76.	Ueberschufs	64°,17
2	—	—	43,64	—	38,02
3	—	—	31,05	—	25,43
4	—	—	23,55	—	17,93

Blei. Aeufsere Temperatur 17°,12 C.

1	Thermometer zeigte		82°,25.	Ueberschufs	65°,13
2	—	—	46,54	—	29,42
3	—	—	32,05	—	14,93
4	—	—	27,11	—	9,99

Marmor. Aeufsere Temperatur 17°,15 C.

1	Thermometer zeigte		81°,06.	Ueberschufs	63°,91
2	—	—	23,23	—	6,08
3	—	—	19,10	—	1,95
4	—	—	18,62	—	1,47

Despretz bemerkt, dafs nur bei gut leitenden Substan
solchen von homogener Beschaffenheit ihrer Theile d
nahmen der Wärme eine geometrische Reihe bilden.
Blei, als einen schlechten Leiter, sind daher die Qu

$\frac{65,13}{29,42} = 2,21$; $\frac{29,42}{14,93} = 1,97$; $\frac{14,93}{9,99} = 1,49$; für

$\frac{63,91}{6,08} = 10,51$; $\frac{6,08}{1,95} = 3,12$; $\frac{1,95}{1,47} = 1,32$. Das New
Gesetz würde also für solche Körper nicht gültig seyn
scheint mir jedoch, als seyen zuvor noch wiederholte n
genaue Versuche erforderlich, ehe wir diese Behaupt
gegründet annehmen, um so mehr, als sie mit den dur
schon erhaltenen Resultaten (§. 254) nicht im Einklang
Je schlechter ein Körper leitet, desto längere Zeit wi
fordert, ehe die Thermometer stationär werden, und hier
wie auch in der nicht genügenden Länge der Barren s
der Grund der bemerkten Anomalie zu liegen. Auf jeden

Digitized by Google

nicht wahrscheinlich, dafs dieses Gesetz nicht mindestens
i statt finden sollte, da Despretz dasselbe sogar beim
: bestätigt fand (§. 291) und die durch De la Rive
ICANDOLLE selbst für Holz nach den Längenfibern er-
n Gröfsen nicht sehr davon abweichen (§. 297). Für
der nämlichen Substanz, aber von ungleichen Dicken,
Despretz das Gesetz, dafs die Entfernungen von der
equelle, wo die Thermometer eine gleiche Temperatur
n, den Quadratwurzeln der Durchmesser proportional
woraus hervorgeht, warum man einen dünnen Draht so
entfernt von einer Stelle, wo er glüht, mit den Fingern
kann. Despretz hat aus seinen Versuchen folgende
Leitungsfähigkeiten gefunden, indem er zur Berech-
lie von Fourier entnommene Gleichung anwandte, wo-

das Wärmeleitungsvermögen $k = \frac{1}{(\text{Log. } x)^2}$ ist, x aber
r Gleichung $\frac{x^2+1}{x} = q$ bestimmt wird, in welcher q
notient aus der Division der Summe zweier Ueberschüsse
den zwischenliegenden Ueberschufs ist.

Gold	10000	Zinn	3039
Platin	9810	Blei	1796
Silber	9730	Marmor . . .	236
Kupfer . . .	8982	Porcellan . . .	122
Eisen	3713	Ziegel und Ofenmasse	114
Zink	3630		

Hölzer fand er so schlecht leitend, dafs er keine Ver-
auf die angegebene Weise damit anzustellen vermochte.

96) N. W. Fischer[1] erhebt einige nicht ungegründete
el gegen die hier gefundene Reihenfolge der Metalle, na-
ich dafs das Gold obenan steht und noch mehr wegen des
, den das Platin einnimmt, welches über das Kupfer ge-
wird. Ingenhouss (§. 293) setzt das Gold dem Zinne
, und ähnliche Versuche, welche Fischer selbst, nur nicht
einem, sondern mit gewöhnlich legirtem Golde anstellte,
i diesem den Rang unter dem Kupfer, dem Platin aber den

[1] Poggendorff's Ann. XIX. 507.

Rang unter allen von ihm geprüften Metallen. Die hierbei gewandte Methode bestand theils darin, dafs dünne, gleiche Streifen der Metalle gleichzeitig zwischen den Fi gefafst und mit dem einen Ende in eine Weingeistflamme halten wurden, um die erhaltene Hitze durch das Ge Rücksicht auf die ungleiche Entfernung der Stelle, wo a rührt werden konnten, zu schätzen, theils dafs die Str Wachs überzogen in siedendes Wasser getaucht wurden, das Leitungsvermögen aus der Höhe, bis zu welcher d berzug in gleichen Zeiten schmolz, zu entnehmen[1], den durch letzteres Verfahren erhaltenen Resultaten bild Metalle folgende Reihe: Silber, Kupfer, Gold, P Platin.

297) Den Genfer Gelehrten August de la Ri Alphons Decandolle ist es gelungen, das Gesetz der meleitung einiger Holzarten nicht blofs im Allgemeinen, dern auch mit Rücksicht auf die Richtung ihrer Fasern, nach der Länge oder nach ihrem Querschnitt leiten, mit Genauigkeit aufzufinden[2]. Sie bedienten sich hierzu p

1 Fischer setzt das durch Ingenhouss gewählte Verfahr durch Despretz angewandten weit nach, aber, wie mir scheint, recht. Allerdings kann das *Gesetz der Wärmefortpflanzung* letzteres gefunden werden, allein dann müssen die Versuch gestellt werden, wie durch Biot geschah, denn eine constante ratur der Wärmequelle und hinlängliche Länge der Stäben, zum Nullpuncte der Fortpflanzung zu messen, sind unerl dingungen, deren erste mit einer Flamme, die mit ungleicher tät brennt, durch den Luftzug hin und her bewegt wird und dingung des neben ihr aufsteigenden Luftzuges unterliegt, erreichen steht. Aufserdem mufsten, wie bereits bemerkt die Versuche weit länger fortgesetzt werden, als durch Despretz um den stationären Standes der Thermometer mit Gewifsheit zu seyn. Handelt es sich dagegen blofs um die Auffindung ven Leitungsvermögens, so verdient die ältere Methode Vorzug, wie aus den mechanischen Gesetzen der Bewegung sprechlich folgt. Inzwischen müssen die Stangen alle gleich hinlänglich lang, zugleich auch mit einem gleichen geeigneten zuge bedeckt seyn, um die Strahlung zu beseitigen, und das chen mufs in heifses Oel geschehn, um eine neue nachtheilige gung durch den Einfluss der Dämpfe zu vermeiden.

2 Mémoires de la Soc. de Phys. de Genève. T. IV. p. 70.

Digitized by Google

cher, 13 Centim. langer, 4 Centim. breiter und 27 Mil-
icker Stücke von trocknem Holze. Auf der breiten Seite
3 Centim. vom einen Ende anfangend in Abständen von
im. fünf Löcher, 7 Millim. weit und bis in die Mitte
l, eingelassen, in deren jedes Quecksilber gegossen, in
eine Thermometerkugel gesenkt und die Oberfläche mit
ahl bestreuet wurde, um die Strahlung zu verhin-
. Das Ende des Holzstabes war in eine Hülse von
ech gesteckt, ungefähr 2,5 Centim. lang, um auch das
och nicht zu bedecken; unter diese Hülse wurde eine
ntlampe gestellt, und um den sonstigen Einfluſs der
abzuschneiden, dienten Glasstreifen, die nach ihrer Er-
g durch andere ersetzt wurden. Nach einer oder zwei
hatten die Thermometer ihr Maximum erreicht, der
galt aber nicht früher für beendigt, als bis sie 10 bis
stationär gewesen waren. Folgendes sind die Resul-
er Versuche.

Thermometer nach Abzug der äufsern Temperatur.

Hölzer	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
ern. Langenfibern	83°,00	45°,00	21°,20	9°,20	4°,40
m . — —	80,13	43,00	19,63	9,19	5,13
. . . — —	81,70	41,20	17,50	7,20	3,70
. . . — —	84,00	39,25	20,60	8,50	3,70
. . . — —	79,80	34,20	14,20	6,20	2,80
m. Querfibern .	99,50	37,42	13,19	6,00	3,25
. . — —	79,30	22,75	7,50	3,60	2,40
. . — —	70,90	13,80	4,50	2,50	1,90
. . . — —	78,50	13,75	3,44	1,56	1,00

diese Grade des Centesimalthermometers und zwar im-
folgenden in die vorhergehenden dividirt, so giebt die-
ende Quotienten:

XXXIX. p. 206. Poggendorff's Ann. XIV. 590. Wiener Zeit-
Th. V. S. 330.

Hölzer	Quotienten 1ste	2te	te	4te
Weifsdorn. Längenfibern	1,84	1,20	2,30	2,10
Nufsbaum	1,86	2,19	2,13	1,79
Eiche	1,98	2,35	2,43	1,94
Tanne	2,10	2,30	1,90	2,40
Pappel	2,33	2,40	2,30	2,22
Nufsbaum. Querfibern	2,66	2,84	2,20	1,80
Eiche	3,50	3,00	2,10	1,50
Tanne	5,10	3,00	1,40	1,30
Kork	5,70	3,90	2,20	1,56

Man sieht hieraus, dafs das logarithmische Gesetz auf
nicht anwendbar ist, zugleich aber, dafs die Hölzer na
Längenfibern bessere Leiter sind, als nach den Querfibern
wegen sie auch leichter die Wärme des Bodens, als
äufsern Umgebung annehmen.

298) Bei dieser Untersuchung des Fortpflanzungsver
der Wärme in verschiedenen Körpern müssen wir noc
eigenthümliche Erscheinung erwähnen, die wohl noch n
definitiv entschieden gelten kann. Es wird oft als aus
nen Erfahrungen entnommen betrachtet, dafs Metalle
überhaupt länglich geformte Metallmassen, als Löffel,
Barren u. s. w., wenn sie am einen Ende stark, bis zum
erhitzt oder wirklich glühend gemacht und mit diesem E
kaltes Wasser getaucht werden, am andern eine höhere
zeigen, als wenn man sie in der Luft erkalten läfst[1].
drücklich wurde der Satz ausgesprochen durch N. W
SCHER[2], welcher als Thatsache erwähnt, dafs die Fort
zung der Wärme von dem erhitzten Ende aus nach den
fernten Stellen bei weitem schneller erfolgt, wenn dieses

1 Ich glaube mich zu erinnern, dafs MEISSNER die Th
durch einen Versuch mit zwei Eisenstangen bestätigt gefunden
indem er beide einander gleiche auch gleichmäfsig erhitzte, di
in Wasser tauchte, die andere an der Luft erkalten liefs, wo
erste wegen grofser Hitze fallen lassen mufste, die andere aber
ger zwischen den Fingern halten konnte.

2 Poggendorff's Ann. XIX. 513.

Digitized by Google

in der Luft, durch eine Flüssigkeit, besonders durch Wasser, ühlt wird. Man kann, heifst es, diese überraschende Erung sehr leicht wahrnehmen, wenn ein Platin- oder Silfd so lange erhitzt wird, bis der in der Hand gehaltene den warm zu werden anfängt und man Wasser in den gefst, wobei sich die Wärme so schnell mittheilt, dafs fel nicht mehr gehalten werden kann. Am besten mufs fel nicht so stark erhitzt seyn, dafs der Leidenfrost'sche n eintritt. Mousson[1] erwähnt die Sache als bekannt, ht sie aber nicht als eine Folge der Leitung, sondern das schnelle Erkalten bewirke eine Compression und hierdurch Wärme. Hiernach müfste die schnell abgeäufsere Hülle die eingeschlossenen Theile zusammen- und dadurch Wärme erzeugen, allein da gleichzeitig abgegeben wird, mithin die vorhandene nur die Diffe- erzeugten und abgegebenen seyn könnte, diese aber immerhin langsamen Fortpflanzung bis zum entfernteh sich mehr der nächsten Umgebung mittheilen müfste, heint diese Erklärung auf jeden Fall als sehr unwahrh. Auf die einfachen Gesetze der Wärmeleitung läfst Phänomen ebenso wenig zurückbringen, denn durch ng des unteren Endes, welches unwidersprechlich mit von Wärme verbunden ist, müfste letztere sich zum ach dieser Stelle hinziehn, es würde also das Gegenfolgen, und fände daher die Thatsache wirklich statt, n sie in einer eigenthümlichen Beschaffenheit der Wärem Verhalten uns in vielen andern Beziehungen noch bekannt ist, gegründet seyn. Bei der Versammlung turforscher zu Freiburg 1838 hielt H. Schröder über roblem einen Vortrag[2], worin er angab, dafs er auf die le eines einfachen Antimon-Wismuth-Elements, welt einem empfindlichen Thermogalvanometer verbunden talle von verschiedener Länge und Form gelöthet habe, nden er mit einer Aeolipile erhitzte, bis die vollkomntische Nadel bei einer gewissen Ablenkung stationär n war. Ward dann das erhitzte Ende plötzlich abgeo mufste die Nadel noch mehr abweichen, allein dieses

---

[1] Poggendorff's Ann. XLIII. 410.
[2] Daselbst XLVI. 135.

erfolgte nie, vielmehr ging die Nadel stets auf die g
che Weise in Folge der Abkühlung zurück. Diese
wurden mit Kupfer, Eisen, Zink und Messing von
schiedensten Gestalten angestellt und führten daher
Resultate, dafs die aufgestellte Behauptung, die un
auf der Aussage der Metallarbeiter, namentlich der S
beruht, ungegründet sey. Poggendorff bemerkt
Anmerkung, dafs Crahay[1] in das Ende einer eisern
ein Loch bohrte, Quecksilber hineingofs und in d
Thermometerkugel senkte, am Thermometer aber nie
gen bemerkte, wenn das andere Ende der Stange
Erhitzen schnell abgekühlt würde, weswegen er selbs
hauptung für genügend widerlegt hält. Auch Börne
cher noch in Freiburg dieses merkwürdige Verhalten
in Schutz nahm, gelangte nachher durch genaue Ver
Platin, Kupfer, Eisen, Neusilber, Palladium und Silb
falls zu einem negativen Resultate. Uebrigens liegt
che der Täuschung nicht fern. Man erwartet, dafs
Eintauchen des erhitzten Endes in Wasser das an
gleichfalls erkaltet werden und ein schnell merkbar
der Temperatur bemerkbar werden müsse, glaubt da
eine Vermehrung der Wärme, wenn das andere End
talls eine Temperaturerhöhung zeigt, die übrigens v
langsamen Fortschreitens der Wärme ohnehin einget
würde. Ein einfacher Versuch, wenn man die ei
zweier ganz gleicher Kupferdrähte in geringer Entfe
einander zwischen die Finger nimmt, ihre andern E
neben einander in einer Weingeistlampe gleichmäf
und dann, wenn man die beginnende Wärme empf
Ende des einen Drahtes ins Wasser taucht, zeigt de
leicht diese Täuschung eintrete, denn anfangs g
wirklich an die Erscheinung, bei der Wiederholung
aber auf.

3) Durchleitung der Wärme durch verse Körper.

Wenn es sich um die Untersuchung der Gesetz
nach denen die Wärme durch den leeren Raum o

1 Quetelet's Correspond. math. et phys. T. VI. p. 58
2 Poggendorff's Ann. L. 60.

Digitized by Google

enliegende Körper hindurchgeleitet wird, so sieht man
dafs dabei zugleich das Abgeben oder Aufnehmen der
von gegebenen Körpern in Betrachtung kommt, worü-
er *Strahlung* bereits gehandelt worden ist, nicht minder
thalten der Körper, durch welche die Wärme strömt,
unter *Fortpflanzung* näher untersucht wurde; die Er-
ngen der Durchleitung lassen sich daher nur insoweit
n bisher untersuchten trennen, als dabei nicht blofs das
n der Körper, welche Wärme aufnehmen und abgeben,
cht kommt, sondern auch die Bedingungen, welche in
eziehung durch den zwischenliegenden Raum oder die
liegenden Körper herbeigeführt werden.

urchleitung der Wärme im Allgemeinen.

) Die Wärme wird am leichtesten und schnellsten von
örper zum andern übergehn, wenn die zwischenlie-
aterie sie am begierigsten aufnimmt, durch ihre Masse
ellsten durchläfst und am leichtesten wieder abgiebt.
lso das Fortpflanzungsvermögen der zwischenliegenden
vorzugsweise bedingend mitwirkt, begreift man leicht,
ie Erscheinungen der Fortpflanzung und Durchleitung
on den Physikern nicht getrennt wurden und auch
glich scharf gesondert werden können. Nicht minder
ber hierbei der Uebergang der Wärme von der Ober-
s einen Körpers in die des andern in Betrachtung,
bereits oben (1, γ, §. 269) in Beziehung auf einzelne
dige Erscheinungen geredet worden ist. Aufser der vielfach
ten Strahlung liegen hierüber nur wenige Versuche vor,
n verdient die meiste und vorzüglichste Berücksichti-
as Fourier[1] zur Ermittelung der hierbei sich zeigen-
tze gethan hat. Er schlägt hierzu das sogenannte *Con-*
ometer vor, welches mir in seiner ursprünglichen
Gestalt am geeignetsten zu seyn scheint. Hiernach Fig.
selbe aus einem konischen Gefäfse AA von dünnem 57.
h (besser wohl von Glas) mit einer in dem Falze gg
denen, nicht dicken Haut. Das Gefäfs wird mit Queck-
füllt und in dieses vermittelst eines Korkes ll ein

[1] a. de Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 291. Poggendorff's
. 327.

feines Thermometer eingesenkt, auf dessen Scale
Zehntel eines Grades unterscheiden lassen. Es ge
ferner eine Unterlage D, welche aus einer willkürli
stanz, etwa aus Marmor oder der genaueren Berühr
aus einer Lage Quecksilber, bestehn kann, da es nur
sich vergleichbare Resultate ankommt. Auf diese Unte
das dünne Plättchen gelegt, dessen Fähigkeit, die W
zunehmen, untersucht werden soll, und beide, die
sowohl, als auch dieses Plättchen, werden auf consta
peratur, am besten der des Zimmers, erhalten. Alsdar
man das Contactthermometer bis etwa 46° oder 47°
es einige Grade, etwa bis 45°, herabgehn, setzt
Plättchen und zeichnet die Zeiten und zugehörige
metergrade auf, bis es zu einem gewissen Puncte
Vorzugsweise dient dieses Instrument, um das re
tungsvermögen verschiedener Substanzen zu untersu
der Metalle, Steine, Hölzer u. s. w., die dann
Massen unmittelbar als Unterlage dienen, um das
mometer darauf zu setzen. Zur Vergleichung ist
dafs für jeden Versuch die zu prüfenden Körper
auch das Contactthermometer gleiche Temperaturen
dafs die Temperatur des zu prüfenden Körpers der
benden Luft gleich sey. Für diesen Fall wird da
vermögen ϱ durch die Formel

$$\varrho = \frac{1}{\Theta}\left[\text{Log.}(\alpha' - m) - \text{Log.}(\alpha - m)\right]$$

gefunden, worin α die anfangs, α' die nach der
zeit Θ gemessene Temperatur, m aber die Wärm
terlage bezeichnen. Es reicht also hin, dafs m
beobachte und die Differenz zwischen den gemei
rithmen von $\alpha - m$ und $\alpha' - m$ durch die Zwi
dividire, um den Werth von ϱ zu finden. Am be
es, für die erste Beobachtung der Gröfse $\alpha - m$
chen Werth, z. B. 40° C., und für Θ eine fixe
10 Minuten, anzunehmen und dann $\alpha' - m$ zu
Die Werthe von $\alpha' - m$, welche nach der Nat
stanzen verschieden sind, lehren direct und ohne R
Reihe der specifischen Leitungsfähigkeiten kennen.
die erhaltenen Werthe nur genäherte, wenn man si
gabe stellt, das eigentliche physische Verhalten der

Digitized by Google

den, da bei den Versuchen so manche anderweitige Be-
gen, als das Strahlungsvermögen, die specifische Wär-
acität u. s. w. einen nicht unbedeutenden Einfluſs aus-
dennoch aber geben sie für eine groſse Menge von Körpern
ahlungsvermögen mit hinlänglicher Genauigkeit an. Fou-
etzt weiter hinzu, daſs er durch Colladon veranlaſst
geändertes Contactthermometer construirt habe, da aber
e, obgleich er ihm den Vorzug einräumt, im Bau und in
brauchsart weit zusammengesetzter ist, so verweise ich
en um so mehr auf die angegebene Quelle, als bis jetzt
ein eigentlicher Gebrauch davon gemacht wurde.

über einigen Versuchen, welche Fourier mit seinem
thermometer angestellt hat und deren Resultate er nur
g angiebt, prüfte auch Despretz[1] den Einfluſs der Un-
mng beim Uebergange der Wärme von einem Körper in
lern. Zwei Stangen von Kupfer und Zinn, quadratisch,
5 Millim. Seite des Querschnitts und 4 Decimeter Länge,
mit ihren polirten Enden vermittelst einer Holzschraube
ader geschraubt. In jedem Stabe waren 5 Thermometer,
nste 79,5 Millim. von der Verbindungsstelle abstanden,
lefangen eingesenkt und die Löcher mit Oel vollgegos-
Die Erhitzung geschah mittelst eines Cylinders, dessen
nde in der Flamme einer Argand'schen Lampe sich be-
das andere aber den einen der Stäbe berührte. Da
sultate nur im Allgemeinen angegeben sind, so wird
gen zu bemerken, daſs der Ueberschuſs des Kupfers,
die Wärme dem Zinn zuführte, über dieses letztere
betrug, als aber ein Blatt Briefpapier zwischen die
ngsstelle geschoben war, betrug derselbe 5°,5. Diese
unbedeutenden Versuche beweisen also gleichfalls, daſs
hen der Wärmeströmung einen Widerstand entgegen-
was zur Bestätigung der Erklärung der Erscheinungen
evelyan's Wackler dienen kann.

)) Nehmen wir die Sache allgemein, so begegnen wir
ffallenden Aehnlichkeit zwischen dem Verhalten des
und der Wärme, denn auch das Licht erleidet an der
he der transparenten Körper einen Widerstand; eine

[1] Institut VIme Ann. N. 255. Compt. rend. T. VII. p. 833. Pogg. Ann. XLVI. 484.

Digitized by Google

weitere Aehnlichkeit beider wird am Ende dieses
zur Sprache kommen. Als nächste Folge dieser
lichkeit bei der Wärmeleitung ist zu betrachten, d
in Gefäfsen mit siedendem Wasser nicht zum Sied
wird, eine Erscheinung, auf die zuerst Richmann
sam machte, welcher zugleich fand, dafs auch bei an
sigkeiten ein Thermometer in einem Gefäfse, welc
anderes Gefäfs mit derselben Flüssigkeit eingetauch
die Temperatur zeigt, als dasjenige, welches in
Flüssigkeit eingesenkt ist. Parrot[2] fand bei s
tersuchungen über das Leitungsvermögen der F
diese Erfahrung bestätigt und bauet auf diese und a
liche den Schlufs, dafs die Körper um so weniger
meleiter sind, je mehr sie aus heterogenen Thei
Dieser Satz ist sehr wahr und läfst sich dahin erw
man das Wärmeleitungsvermögen der Körper nich
Heterogeneität ihrer Bestandtheile, sondern auch de
ihres Gefüges umgekehrt proportional setzen kann.
Beziehung kommt Beides auf das Nämliche hinaus
lockeren Körper sind in der Regel solche, in deren
räume sich Luft oder Gasarten befinden und die
auch als aus heterogenen Bestandtheilen zusamme
trachten kann. Wir werden in den folgenden F
diese Thatsache vielfach bestätigt finden.

301) Sollen die Körper nach ihrem zunehmen
leitungsvermögen geordnet werden, so steht der lee
der schlechteste Leiter voran, ja nach Gay-Luss
absoluten Vacuum gar keine Wärme vorhanden.
Behauptung kam er durch eine Reihe von Versuch
nen er in das obere Ende einer langen Glasröhre e
pfindliches Thermometer einkittete und diese in ei
mit Quecksilber gefüllte, einsenkte. Befand sich in
Röhre unter der Thermometerkugel ein durch Queck
herzustellendes Torricelli'sches Vacuum und wur
durch schnelles tieferes Eintauchen in das Quecksil

1 Nov. Comm. Petrop. T. IV. p. 246. T. XII. p. 2
2 G. XVII. 391.
3 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. I. p. 191. Ann. de Ch
T. XIII. p. 304.

Digitized by Google

ihre verkleinert, bis zum Verschwinden, so zeigte sich nindeste Wärmeentbindung, die dagegen jederzeit zum n kam, wenn sich Luft, sowohl dünnere als auch in dem Raume befand und durch schnelles Herab- der engeren Röhre in das Quecksilber verdichtet wurde. e Gültigkeit dieser Versuche läfst sich allerdings ein- dafs ein gewöhnliches, wenn auch noch so feines, ieter die verdichtete Wärme des Raumes zu zeigen pfindlich genug sey, der Versuch liefse sich daher mit gleich empfindlichern thermoelektrischen Apparate wie-

Nach theoretischen Betrachtungen könnte man sa- Wärme besitze zwar Repulsion ihrer Molecüle, werde ich durch die Molecüle der Körper angezogen, und ier die Wandungen der Röhre nicht verlassen, um im s leeren Raumes selbstständig zu existiren, nament- die einschliefsenden Wandungen von gleicher Tem- nd. Bei ungleicher Wärme derselben ist dagegen l denkbar, dafs die Strahlung einen so engen Raum dringen nicht vermögen sollte, und wenn sie den m strahlend durchdringt, so mufs sie in diesem Mo- nigstens darin anwesend seyn. Bei den von mir ge- Erfahrungen[1], dafs die Wärme die Dämpfe des ver- Eises von der einen Wandung eines Ballons, worin nnte Luft $\frac{1}{600}$ der atmosphärischen Dichtigkeit kaum zur entgegengesetzten überführte, diente die Wärme Vehikel, war jedoch an die Molecüle des Dampfes

Es giebt indefs einen artigen Versuch, um das Leitungsvermögen und die geringe Wärmecapacität dünnten Raumes anschaulich zu machen. Werden 1 Zoll grofse Kugeln von dünnem Glase im Zustande itze zugeblasen und nimmt man diese nach dem Er- die warme Hand, so ist die Wärmeableitung so ge- s es scheint, als würde Wärme in den Kugeln ent- Von dem geringen Durchleitungsvermögen der Luft n die jetzt gebräuchlichen mit Luft gefüllten Kissen llenden Beweis.

Aufser den oben (§. 242) bereits erörterten Versu- Pictet, Leslie, Dalton und vorzüglich von

[1] art. *Verdunstung*. Bd. IX. S. 1734.

Dulong und Petit über das Erkalten im leeren Raume u
verschiedenen durch umgebende Hüllen eingeschlossenen
arten, wobei zwar zunächst die Ausstrahlung der Wärm
rücksichtigt, die Wärme aber dabei zugleich durch den
geleitet und der äufseren Hülle mitgetheilt wurde, ko
hier noch einige in Betrachtung, die sich zunächst a
Durchgang der Wärme durch den leeren Raum und di
beziehen. Dahin gehören vorzüglich die älteren, schon
1785 angestellten des Grafen Rumford[1]. Dieser schl
Kugel eines feinen Thermometers in eine Glaskugel ein
che entweder mit Luft gefüllt oder durch Verbindung mi
hinlänglich langen Glasröhre und Anfüllen derselben mit
kochtem und heifs eingegossenem Quecksilber luftleer ge
und dann zugeschmolzen worden war. Diese Apparate er
er in Eiswasser, hielt sie dann in siedendes und bemerk
Zeit des Erwärmens bis 80° R., oder er verfuhr umg
Folgende Tabelle enthält die Resultate.

Erreichte Wärme nach Reaum.	Zeit für die lufterfüllte Kugel.		Zeit für die luftleere Kugel.	
18°,0	0′	00″	0′	00″
27,0	0	45	1	30
34,4	1	00	—	—
44,9	2	10	4	20
48,2	2	40	5	00
56,2	4	00	—	—
60,9	5	00	—	—

Bei zwei ähnlichen Apparaten betrug die Zeit der Erw
von 0° bis 80° R. für die luftleere Kugel im Ganzen 1
für die mit Luft erfüllte 7′ 35″ im Mittel aus zwei Ver
die Zeit des Erkaltens von 70° bis 10° R. aber, bei U
rung des Verfahrens, für die luftleere Kugel 16′ 10″,
lufterfüllte 9′ 45″. Als die Kugeln bei folgenden Ver
nicht in Eiswasser, sondern in trockner Luft von 70°
30° erkalteten, betrug die hierzu erforderliche Zeit für d
leere Kugel 10′ 12″, für die lufterfüllte 6′ 11″. Um d
tungsvermögen der Torricelli'schen Leere mit möglichste

1 Essays Ess. VIII. T. II. p. 389. G. V. 288.

Digitized by Google

g anderer leitenden Medien zu erforschen, hing Rum-
ein sehr kleines Thermometer an einem sehr feinen Sei-
en in einem länglichen Glasbehälter auf, machte letzte-
ttelst Quecksilbers luftleer und untersuchte den Durch-
er Wärme durch den leeren Raum, unter Voraussetzung,
s Seidenfädchen nicht alle Wärme leiten könne. Auch
zeigte sich das sehr geringe Leitungsvermögen des luft-
Raumes, verglichen mit dem des lufterfüllten. Vermittelst
er Apparate, als die zuerst beschriebenen, untersuchte
ND ferner das relative Leitungsvermögen der feuchten
des Quecksilbers und des Wassers und erhielt folgende
des Erwärmens von 0° bis 70° R.:

icelli'sches Vacuum	10	Min.	53	Sec.
von atmosphärischer Dichtigkeit . . .	7	—	36	—
von 0,25 atmosphärischer Dichtigkeit	7	—	37	—
von 0,0417 atmosphärischer Dichtigkeit	7	—	51	—
Wasserdampf gesättigte Luft	1	—	51	—
ser	1	—	57	—
ksilber . . . . , ...			36	—

n hiernach die Leitungsfähigkeiten geordnet, so erhält
lgende Verhältnisse:

Quecksilber	1000
feuchte Luft	330
Wasser	313
gemeine Luft	80,41
verdünnte Luft	80,25
mehr verdünnte Luft	78
Torricelli'sche Leere	55

3) Es schliefsen sich hieran zunächst die oben unter
ng (§. 258) bereits erwähnten Versuche von Rumford
EDIER, aus denen sich ergiebt, dafs sehr lockere
noch schlechtere Wärmeleiter als selbst die trockne
d. Dieses läfst sich leicht erklären, wenn man be-
tigt, dafs, so wie die Schallwellen, auch die Wärme
Bewegung am meisten verzögert wird, wenn sie in
hen Wechseln von besseren Leitern, den festen Theil-
ckerer Aggregate, zu den schlechteren, den zwischen-
n Luftschichten, und von diesen wieder zu den festen

Theilchen übergehn mufs. Erfahrungen, welche diese stätigen, giebt es in Menge. Schon Aristoteles merkt, dafs man Flüssigkeiten unter Asche länger warm ten könne, als frei stehend; auch bedecken die Landleu Rest der glimmenden Kohlen des Abends mit Asche, am andern Morgen in diesem Zustande wiederzufinden. auf beruht das Umbinden der Bäume und das Bedeck Pflanzen mit Stroh, um gegen die Winterkälte zu schützen. der Vorzug der Strohdächer, welche im Winter mehr men und im Sommer kühler erhalten, als Stein- oder dächer, weswegen sie oder dicke Holzbedeckungen b kellern allein anwendbar sind. Eis und Schnee sind s Wärmeleiter, weswegen man beim Mangel des letzteren Stroh bedeckten Kellerlöcher gegen strenge Kälte schütz dem man das Stroh mit einer möglichst dicken Eiskrust zieht, welche leicht zu erhalten ist, wenn man Wasser giefst. Hierin liegt auch die Ursache, warum die Flü in der Polarzone bis auf den Grund gefrieren, das Eis den höchsten Polargegenden nur langsam an Dicke und nie über 10 bis höchstens 12 Fufs erreicht, denn dem unten sich ansetzenden Eise entbundene Wärme dringt nur langsam die bereits gebildete Kruste. Der schützt bekanntlich die Vegetabilien im Winter gegen d störung durch Kälte, auch gräbt sich das Wild Höhlun Schnee und die Jäger schützen ihre Füfse durch tiefen worin sie stehn, gegen das Erfrieren, der tiefen Schne nicht zu gedenken, worin die Bewohner des höchsten N überwintern. Merkwürdig aber ist, dafs das feste Wärme schlechter leitet, als der lockere Schnee, denn fand auf seiner bekannten Expedition, dafs 12 Fufs tiefer die Kälte so stark zurückhält, als 7 F. dickes Eis, u daher Wasser über die Schneewände der aus Segeltu machten Winterwohnung zu Boothia-Felix giefsen, um einer Eiskruste zu überziehn. Die so gemachten Wänd schen 7 bis 9 Fufs, das Dach zwischen 4 bis 6 Fufs dic derstanden der Kälte, bis das Quecksilber gefror. Der trocknete den Schnee beim Fallen so aus, dafs er wie

1 Problemat. Sect. XXIV.

2 Narrative of a second Voyage in search of a North Passage ect. Lond. 1835. 4. App. p. CIX.

Digitized by Google

og; wo er aber aufgehäuft lag, verwandelte er sich in
te Masse, so dafs sich Stücke, wie Quadersteine, dar-
en und zu einem Walle aufhäufen liefsen.

4) Im hiesigen Cabinette befindet sich ein sogenannter
an'scher Apparat, vermittelst dessen sich das ungleiche
eitungsvermögen auf eine sehr einfache Weise anschau-
achen läfst. Derselbe besteht aus 8 cylindrischen Ge-
2,5 Z. hoch, 1,5 Z. weit, mit gleichen 1,25 Lin. dicken
ngen. Sie bestehn aus Kupfer, Messing, Zinn, Blei,
r, Elfenbein, Holz, Sohlenleder, und in ein jedes der-
hängt der Cylinder eines Thermometers herab, deren acht
nz gleicher Beschaffenheit neben einander an einer Quer-
anfgehangen sind. Diese Cylinder, welche in einem
en Kasten stehn, werden mit Wasser von gleicher Tem-
m gleichen Höhen angefüllt, alsdann giefst man in den
heifses Wasser und mifst nach gleichen Zeitintervallen
ch die Thermometer angezeigten Temperaturen. Hierbei
ch allerdings ein bedeutender Unterschied des Durchlei-
rmögens, eigentliche wissenschaftliche Versuche habe ich
ch nicht damit angestellt.

5) Noch läfst sich hier ein Phänomen anreihen, welches
it langer Zeit aus den Erzählungen mancher Köchinnen
t war, von den Physikern aber bisher unbeachtet und
ungeprüft blieb. Wenn man einen irdenen Topf mit
n Boden und ohne Füfse, worin das Wasser über dem
stark siedet, rasch entfernt und sogleich auf die Hand
so zeigt das Gefühl dessen Boden zwar warm, aber nicht
bald aber scheint die Wärme, namentlich beim Aufhö-
s Siedens, von oben wieder herabzukommen, und man
ihn der Hitze wegen von der Hand entfernen. Lange
e ich, es sey dieses blofs bei einem irdenen Gefäfse der
eigene und fremde Versuche haben mich aber überzeugt,
auch metallene sich auf gleiche Weise verhalten. Neuer-
ist dieses Phänomen, und zwar in Beziehung auf metallene
ie, durch Jacquemyns[1] zur Sprache gebracht worden; eine
rüfung ernannte Commission war geneigt zu glauben, die
beruhe auf einer Täuschung, sofern die Berührung der

[1] Bulletin de la Soc. de Bruxelles 1835. T. III. p. 113 u. 322.

Hand zu kurze Zeit dauernd sey, um ihr eine gen
Menge Wärme mitzutheilen, und es sey daher blofs sch
dafs die Wärme der Bodenfläche nach einiger Zeit ve
werde, da vielmehr die Empfindlichkeit der Hand du
längere Dauer wachse. Hiergegen läfst sich, so leicht auc
schungen dann möglich sind, wenn statt eigentlicher M
das blofse Gefühl entscheidet, wie das oben (§. 298) er
Phänomen zeigt, dennoch mit Grunde einwenden, daf
nach auch die Seitenwandungen eines Gefäfses mit si
Wasser anfangs von geringerer und dann von vermehrte
peratur zu seyn scheinen müfsten, was jedoch nie b
wurde. Ist aber die Thatsache wirklich begründet, wie
zu folgen scheint, dafs sie von den Mitgliedern der pr
Commission nicht in Abrede gestellt wurde, so stehn ih
klärung keineswegs unüberwindliche Schwierigkeiten en
Die Theorie, namentlich wie sie in den tiefgelehrte
tersuchungen von Fourier, Poisson, Libri, C
und Andern durchgeführt worden ist, nimmt in
hung auf die Durchleitung der Wärme an, dafs der
mestoff in einem Zeitelemente ein gewisses Eleme
Raumes im gegebenen Körper durchlaufe. Denk
uns, dafs dieses auch im vorliegenden Falle geschel
wird dieser Procefs bedeutend dadurch gesteigert, dafs
dem Boden des Gefäfses heraustretende Wärme sogle
Wasser aufgenommen und im gebildeten Dampfe schne
geführt wird, die nachfolgende Wärmeschicht mufs dah
beim Ablöschen eines Körpers im Wasser, schnell nach
und so fort, bis zur äufseren Bodenfläche, die ihre W
vom Feuer erhält. Wird dann die Quelle der in schnell
wegung begriffenen Wärme plötzlich entfernt, so hört
wegung derselben nicht sofort auf, wie das noch ein
fortdauernde Sieden zeigt, und es mufs daher in den u
Schichten des Bodens eines mit siedendem Wasser g
Gefafses ein momentaner Mangel entstehn, bis das heifs
ser seine Wärme denselben wieder abgiebt.

Digitized by Google

onderes Verhalten der Durchleitung, Diaermanie, Diathermansie, Polarisation.

) Bei den bisher untersuchten Phänomenen erschien Wärme stets als etwas Bewegtes, dessen Verhalten, obrch die eigenthümliche Beschaffenheit der Körper beich doch im Ganzen auf die allgemeinen Bewegungsurückführen liefs. Namentlich war dieses der Fall bei tzt erörterten Erscheinungen der Durchleitung, insofern nnächst nur die gröfsere oder geringere Leichtigkeit in kam, womit die Wärme die verschiedenen Körper n durchströmt. Neuerdings hat man aber mehrere Eiten der Wärme wahrgenommen, insbesondere bei der ung der sogenannten leuchtenden und dunkeln Wärn bei ihrem Durchgange durch verschiedene Körper, wohl berechtigen, so wie beim Lichte, auch bei der eine Polarisation anzunehmen. Diese kann jedoch, den Lichtstrahlen, so auch bei den Wärmestrahlen, ders statt finden, als wenn sie in transparente Medien n und von diesen theils zurückgeworfen, theils durchwerden. Nach der herrschenden Meinung wird ange-, dafs die Wärmestrahlen, welche die intensiven Lichtder Sonne begleiten, mit diesen frei durch transparente dringen und letztere selbst gar nicht oder nur unbeerwärmen, weswegen man auch Brennlinsen von Eis rtigen vermag. Dabei blieb aber fraglich, ob die dunkärmestrahlen, z. B. vom Küchenfeuer und sonstigen n Körpern oder auch von ganz dunklen erhitzten, nte Körper durchdringen. Dafs dieses bei sehr hellden der Fall sey, hatte ich selbst einst Gelegenheit ehmen, indem die Hitze eines mehrere hundert Fufs n, in vollen Flammen stehenden grofsen Hauses durch orenen und nicht davon aufthauenden Fensterscheiben rn des Zimmers von den Zuschauern sehr merklich ommen wurde. Inzwischen ist unlängst bekannt, dafs helle Wärmestrahlen mit zunehmender Dunkelheit transKörper weniger durchdringen, bis zum gänzlichen Verlen des Durchganges bei ganz dunkeler und wenig in- Wärme. Mariotte[1] behauptete zuerst, dafs die

[1] Traité de la nature des couleurs. Par. 1686. T. II. Introd.

Strahlen eines irdischen Feuers gar nicht oder nur sehr
vom Glase durchgelassen werden, und Scheele[1] be
dieses mit der Erweiterung, dafs die Strahlen des K
feuers, in einem Metallspiegel concentrirt, ein Therm
im Brennpuncte desselben sehr stark afficiren, diese W
aber sofort verschwindet, wenn eine klare Glasscheibe dazw
gebracht wird. Pictet[2] stellte zwischen seine Brenn
als sich in dem Brennpuncte des einen eine Phiole mit
Wasser befand, in dem des andern ein sehr empf
Luftthermometer, eine sehr dünne Spiegelscheibe, und
dann das Thermometer steigen, doch gelang es ihm n
dunkeln Wärmestrahlen durch eine Glaslinse zu conce
woraus der erschwerte Durchgang solcher Strahlen dur
sichtbar hervorgeht. Uebrigens mufs hierbei bemerkt
dafs das angewandte Luftthermometer ausnehmend fein w
dem ein Grad desselben nur $\frac{1}{24}$ eines Grades R. ausmach
durch die Phiole mit siedendem Wasser erzeugte, die
Glasscheibe durchdringende Wärme betrug nur etwa 1°
war ohne Zweifel nur diejenige, welche die erhitzte
wieder abgab. Um die durch Rumford aufgestellte
these, dafs die Wärme durch Flüssigkeiten gar nicht
geleitet werde (§. 287), zu prüfen, und zugleich
Hypothese zu widerlegen, wonach die Wärme durch
rente Körper nicht strahlen, sondern der einen Fläche
ben durch die Luft zugeführt und durch ebendiese von
gegengesetzten wieder weggeführt werden sollte, liefs Pr
den Strahl eines Springbrunnens durch zwei Glassche
aufsteigen, dafs erzwischen diesen eine Lamelle von etw
Lin. Dicke bildete, welche stets erneuert wurde, stellte an
Seite ein Kerzenlicht, an die andere ein feines Luftthe
ter, und sah letzteres um einige Bruchtheile eines Grad
gen. Das durch Pictet gewählte Verfahren, die Warm
len erst durch eine freie, dann durch eine auf einer
mit Tusche überzogene Glasscheibe fallen zu lassen,
Durchleitung von der Durchstrahlung zu trennen, wurd

1 Dessen Werke. Th. I. S. 124.

2 Versuch über das Feuer. §. 60.

3 Mém. sur la transmission du calorique à travers l'eau e
tres substances §. 42. Journ. de Phys. Ann. 1811.

Digitized by Google

n Anwendung gebracht durch Delaroche[1], nach des-
rsuchen mit Hohlspiegeln und bei Anwendung von Ge-
mit heifsem Quecksilber oder von stark erhitzten ku-
Kugeln die Strahlen eines etwa bis zur Siedehitze des
s erwärmten Körpers das Glas nicht durchdringen, wohl
einem zunehmenden Grade, wenn die Temperatur des
den Körpers bedeutend wächst, fast ungeschwächt aber,
ie leuchtend sind, in welchem Falle bekanntlich die das
durchlassenden Körper selbst um so weniger erwärmt
, je transparenter sie sind. Noch auffallender aber ist
ihm gemachte Bemerkung, dafs die dunkelen Wärme-
, welche bereits durch eine Glasscheibe gedrungen sind,
urchgange durch eine zweite nicht gleichen, sondern
ringeren Verlust erleiden, welches er wohl nicht mit
eine Art *Polarisation* nennt. Dagegen aber vermin-
Dicke der transparenten Körper die Menge der durch-
n dunklen Strahlen sehr, denn eine Scheibe gemeinen
von 1,7 Millim. Dicke liefs deren weit mehr durch,
9 Millim. dicke von sehr klarem Glase. Schon früher
tte[2] den Einfluss transparenter Schirme auf die durch-
n dunklen Wärmestrahlen untersucht, später verfolgte
Aufgabe noch weiter[3] und gelangte mit Brewster zu
n Resultaten, als die von Delaroche gefundenen. Die
n Gelehrten sind, wie auch insbesondere Biot, ge-
einen Uebergang der Wärme zum Lichte anzunehmen,
indefs nach diesen Erscheinungen ein allmäliger seyn
so dafs das langsamer sich bewegende, nicht mehr
de Licht die Eigenschaft, transparente Körper zu durch-
noch in einem gewissen Grade nach dem bereits be-
n Uebergange zur Wärme beibehielte.

) Diese Hypothese eines allmäligen Ueberganges des
n Wärme durch verminderte Geschwindigkeit der Be-
hat in sich nichts Empfehlendes, denn die Geschwin-
les intensiven Lichts der Sonne und der Fixsterne hat

---

urn. de Physique. Ann. 1812. T. LXXVII. p. 201. Vergl.
378. Biot Traité T. IV. p. 638. Annals of Phil. T. II.

quiry into the Nature of Heat. p. 162.
hilosoph. Trans. 1816. P. I. prop. 40.

mit dem von den Jupiterstrabanten blofs reflectirten sch
gleiche Geschwindigkeit und beide durchdringen die t
renten Körper auf gleiche Weise, das oft vorgebrachte
ment nicht zu erwähnen, dafs nach dem Aufhören
Leuchten erzeugenden Undulationen des Lichtäthers
ruhend und unbewegt zurückbleibt und also, wen
Ruhe bei Nacht wirklich eintritt, von selbst in Wär
gehn müfste. Ohne dieses gewichtige Argument anz
zu erwähnen, ist Powell[1] geneigt, zwei verschiedene
principe anzunehmen, deren eins mit dem Lichte w
seyn und dieses begleiten, das andere sich einfach al
Wärme verhalten soll. Um hierüber ins Klare zu kommen,
nach seiner Ansicht nicht, blofs den Durchgang der Wär
Schirme zu untersuchen, sondern man mufs dabei zugleich
kung der Flächen berücksichtigen, sofern sie die
Wärme leichter aufnehmen und ausstrahlen. Hierauf
er auf dem Wege der Erfahrung zur Entscheidung
gen, ob die durch transparente Schirme durchgelassene
identisch mit derjenigen sey, die durch die Beschaff
Oberflächen afficirt wird. Zu diesem Zwecke wäh
Mittel, den verschiedenen heifsen und leuchtenden Kör
Thermometer auszusetzen, das eine mit einer glatten
zen Kugel, das andere mit einer absorbirenden ver
Verhältnifs ihres Afficirtwerdens zu messen und mit
gen zu vergleichen, welches sich nach dem Zwisch
eines transparenten Schirmes herausstellt. Von sein
Thermometern war das eine mit Kalk geweifst, d
mit Tusch geschwärzt; sie wurden entweder frei an
oder in einem Kasten, welcher durch transparente Sch
Glas verschlossen war. Um die Strahlung des Schir
zuschliefsen, sofern dieser durch die angewandte
Körper erwärmt werden und somit die Thermomet
falls steigen machen mufste, erwärmte Powell
über die Temperatur, die er in jedem Versuche
mafs seinen Effect für sich allein auf die Th
und zog diese Gröfse von den gefundenen Werthen

1 Philos. Trans. 1825. p. 187. Auch in New Annals
T. VIII. p. 181. T. IX. p. 359 u. 401. Vergl. Edinburgh
Science. New Ser. N. VI. p. 297.

Digitized by Google

ler Thermometer endlich war in Viertel der Cente-
de getheilt. Aus den zahlreichen hiermit angestellten
en, welche einzeln mitzutheilen mir überflüssig scheint,
folgert, dafs ein Theil der Wärme eines leuchten-
rpers, welcher in directer Strahlung das Glas durch-
die getroffenen Körper im Verhältnifs der Dunkelheit
rbe, ohne Einflufs der Glätte oder Rauheit ihrer Ober-
erwärmt, dafs dagegen der andere Theil, welcher durch
schirm aufgefangen wird, blofs im Verhältnifs der ab-
den Beschaffenheit der Oberfläche wirkt, ohne Mitwir-
r Farbe. Zur letzteren Classe gehört die dunkle Wär-
lche diesemnach durch Glasschirme gänzlich aufgefangen
Weitere Versuche mit Photometern gaben eine Bestäti-
ser Hypothese von zwei verschiedenen Wärmearten,
ach der Umstand entscheidet, dafs zwar im Ganzen
ge Wärme der Intensität des Lichtes proportional ist,
Metalle aber verhältnifsmäfsig nur wenig Licht, da-
er viel Wärme ausstrahlen. Schwerlich dürfte indefs
melehre durch die Annahme zweier, unter sich ver-
r Potenzen bedeutende Aufklärung erhalten.

) Sehr bedeutend wegen ihrer Genauigkeit, und weil
zur Beantwortung der gestellten Frage dienen, sind
uche, welche RITCHIE[1] mit Anwendung des von ihm
gegebenen[2] Photometers anstellte. Um mit Sicherheit
teln, ob das Glas an sich und ohne Einflufs seiner
ie Wärmestrahlen zurückhalte, liefs er Kugeln von
Dünne der Wandungen blasen, dafs sie beinahe irisir-
te einen Theil dieser Hülle wie einen Schirm in einen
setzte ihn zwischen eine erhitzte eiserne Kugel und
l des Photometers und erhielt ihn durch einen Luft-
während auf der Temperatur seiner Umgebung, so dafs
von ihm aufgenommene, vielmehr nur die durchstrah-
ärme der Photometerkugel mittheilen konnte. Es er-
dann, dafs keine Wärme durch den Glasschirm strahlte,
die eiserne Kugel von geringerer Hitze, namentlich
hitze und etwas darüber war; wurde sie aber stark

---

ilos. Trans. 1827. P. II. p. 139.
endaselbst. P. I. p. 129. Vergl. oben §. 232.

erhitzt, ohne jedoch sichtbar zu glühen, so drang al
etwas Wärme durch den Glasschirm. Demnächst w
ein Photometer mit sehr dünnen Glaskugeln an, de
durchsichtig gelassen, die andere aber an der einen H
schwärzt war. Es zeigte sich, dafs die dunkleren
strahlen nicht durch das Glas drangen, war aber di
Kugel stärker, jedoch nicht bis zum sichtbaren Glühen
so sank die Flüssigkeit in der einen Röhre des Pho
weil die durch die ungeschwärzte Hälfte der zugehöri
gel dringenden Wärmestrahlen von der andern hinter
fangen wurden. Endlich wandte er auch sinnreich
Schirme an, indem er in einen vierkantigen Rahm
durchkreuzende feine Fäden ausspannte und zwische
dünne Scheiben von Eiweifs bildete, womit er sie m
nes feinen Pinsels überzog; sie gaben die nämlichen
als die Glasschirme, woraus zugleich hervorgeht, dafs
strahlende Wärme durch Flüssigkeiten dringt.

309) Minder sich beziehend auf die Durchlas
Wärmestrahlen durch Glas, als vielmehr auf eigentl
risation derselben sind die Untersuchungen von Berar
cher hauptsächlich bezweckte, die durch Herschel
gung gebrachte ungleiche erwärmende Kraft der ver
farbigen Lichtstrahlen genauer zu prüfen und zu unt
ob auch die mit den Sonnenstrahlen vereinten Wärm
der durch Malus neuentdeckten Polarisation unterwor
Zuerst liefs er die Sonnenstrahlen durch ein Prisma v
dischem Doppelspath in zwei Theile getrennt werden,
wahrte, dafs in jedem der beiden Farbenbilder die
gleichmäfsig vom Violett zum Roth zunahm, woraus
folgert, dafs auch Wärmestrahlen polarisirt werden, da
der beiden Farbenbündel ein polarisirtes ist. Um zu e
ob auch die dunklen Wärmestrahlen polarisirt werden,
er mit dem zweiten Spiegel der nach Malus's Angab
richteten Polarisationsmaschine einen metallenen Hohlsp
dessen Focus die Kugel eines feinen Thermometers an
war, so dafs beim Drehen des zweiten Spiegels um d

1 Annales de Chim. et Phys. 1813. Mars. G. XLVI. S.
of Philos. T. II. p. 164. Hauptsächlich bekannt aus Biot
Phys. T. IV. p. 602.

Digitized by Google

ten polarisirten Lichtstrahl ebenso die reflectirte Wär-
e das reflectirte Licht auf die Thermometerkugel fallen
Indem er dann den zweiten Spiegel durch alle Azi-
erumdrehte, ergab sich, dafs das Thermometer allezeit
enn Licht reflectirt wurde, dagegen unbeweglich blieb,
enes nicht der Fall war, wonach also die Wärme-
von den Lichtstrahlen unzertrennlich seyn müfsten.
ier Wärme lassen sich diese Versuche nicht anstellen,
Glas, wie sehr auch seine Oberfläche polirt seyn mag,
le Wärme nach seinen Erfahrungen nicht reflectirt.

Diese anfänglichen unvollkommenen Versuche sind in
Zeit um vieles übertroffen worden durch die gehaltreichen
gen, welche Melloni und in specieller Beziehung auf
sation insbesondere Forbes diesem Probleme gewidmet
wodurch die ganze Sache eine andere Gestalt erhalten
er die frühesten Versuche Melloni's, welche er in
g mit Nobili anstellte[1], gehören diejenigen, wodurch
den suchte, ob die Wärmestrahlen auf gleiche Weise,
chtstrahlen, durchsichtige Körper durchdringen. Im
en zeigte sich dieses bestätigt, sofern Gyps, Glim-
, Alkohol, Salpetersäure und andere klare Körper eine
der geringere Menge von Wärmestrahlen, die aus ei-
dendem Wasser oder sonst erhitzten eisernen Kugel
durchfallen liefsen; das Wasser allein war derjenige
welcher selbst in den dünnsten Schichten als Schirm
Oeffnung der thermoelektrischen Säule gebracht gar
rmestrahlen durchliefs, indem die Magnetnadel ganz
h blieb. Die Ursache hiervon konnte nicht im
gszustande liegen, da andere Körper in diesem Ag-
nde die genannte Eigenschaft nicht zeigten; auch
evident daraus hervor, dafs Eis in dünnsten Plätt-
wandt gleichfalls keine Wärmestrahlen der Kugel
n sie bis zum Rothglühen erhitzt über dem Ther-
ctor hingeführt wurde, durchliefs[2]. Der wesent-

[1] Antologia di Firenze N. 136 in Poggendorff's Ann. XXVII.
[2] Bibl. univ. 1832. p. 337.
Später folgenden Versuche beweisen, dafs Wasser und Eis
Wärmestrahlen, welche mit Lichtstrahlen verbunden sind,
für sogenannte dunkle permeabel seyen. Fraglich bleibt

lichste Satz, welchen Melloni[1] daher aufstellt, heifst
Durchsichtigkeit ist nicht die einzige Eigenschaft, welc
Durchlassen der Wärmestrahlen bedingt, sondern die
thümliche Beschaffenheit der Körper bewirkt, dafs einige
ter, andere schwerer von den Wärmestrahlen durchd
werden, und wenngleich dieser Unterschied mit der Z
der Intensität der Wärmequelle abnimmt, so verschwi
dadurch doch nicht gänzlich. Zu den Messungen bed
sich eines empfindlichen Thermomultiplicators, und da
es ihm allerdings möglich, die geringsten Unterschi
Temperaturen noch wahrzunehmen. Auf diese Weise
die bereits (§. 71) erwähnte Abnahme der Temper
Spectrum, vom Maximum an nach beiden Seiten hi
durch dann die *isothermischen Zonen* entstehn, der
jedoch mit der Verschiedenheit der Prismen wechselt.
hiervon die Ursache sey, geht sehr evident aus einem
santen Versuche hervor. Er liefs die Farbenstrahlen ein
ein Kronglasprisma gebildeten Spectrums durch eine
Linie dicke, zwischen zwei sehr dünnen und klaren C
ben eingeschlossene Wasserschicht fallen, untersuchte
me der einzelnen farbigen Strahlen und der dunklen
mischen Zonen vor dem Durchgange und nach der
gange durch diese Wasserschicht, und fand, dafs sie
dieses Durchganges ungleiche Verluste erlitten. Um
dieser Verluste leichter zu überblicken, dient die folg
belle, worin die durch die Multiplicatornadel gezo

---

dabei aber immer, ob es nicht eine so geringe verschwinde
beider Substanzen giebt, bei welcher einige, wenn auch n
dunkle Wärmestrahlen durchfallen. Dieses wird aus den
Ritchie's und auch aus den allgemeinen, durch Melloni
Resultaten mindestens sehr wahrscheinlich.

1 Annales de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 385. Po
Ann. XXIV. 640. Die Resultate dieser und der nächstfo
handlung Melloni's sind vollständig mitgetheilt und einer
sehen Bearbeitung unterworfen in dem von Biot verfafs
der vom Institute ernannten Mitglieder der Commission z
Prüfung der Sache, bestehend aus Biot, Arago und Pou
drei sahen die Versuche und Biot insbesondere war anhal
nehmer derselben. Der Bericht findet sich in Mém. de
XIV., übers. in Poggendorff's Ann. XXXVIII. 1. XXXIX
544.

Digitized by Google

rigirten Wärmegrade angegeben sind, wobei es indefs
g schien, diese wieder auf die Grade einer bestimm-
rmometerscale zu reduciren.

Zone des mespectrums	Temperaturen vor dem Durchgange durch Wasser	nach dem Durchgange durch Wasser	Unterschiede	Verlust in Hundertsteln der ursprünglichen Temperatur
rn	2	2,0	0,0	0,00
o	5	4,5	0,5	0,10
. . . . .	9	8,0	1,0	0,11
. . . . .	12	10,0	2,0	0,17
. . . . .	35	25,0	10,0	0,28
ge	47	27,0	20,0	0,42
. . . . .	58	25,0	33,0	0,57
dunkle Zone	47	14,0	33,0	0,70
e — —	35	9,0	26,0	0,74
— —	12	3,0	9,0	0,75
— —	9	1,0	8,0	0,88
— —	5	0,5	4,5	0,90
e — —	3	0,0	2,0	1,00

Melloni[1] hat das ungleiche Durchlassungsvermögen
edenen Körper für Wärme noch weiter untersucht,
ie Strahlen einer Argand'schen Lampe der Reihe nach
illim. dicke Schichten derselben fallen liefs, wobei
auffallender zeigte, dafs die am meisten diaphanen
cht zugleich die meiste Wärme durchlassen[2], wes-

[1] Berzelius Jahresbericht N. XIII. in Poggendorff's Ann.
d.

[2] Melloni berichtet bei dieser Gelegenheit, dafs Gottlieb Gans
ieser Beziehung interessanten Versuch seinen Freunden oft
pflegte. Er concentrirte die Strahlen eines hellen Koh-
durch eine klare Glaslinse und liefs den Brennpunct auf
allen, wobei viel Licht, aber wenig Wärme wahrnehmbar
er aber statt des klaren Brennglases ein anderes durch
fast zur Undurchsichtigkeit violett gefärbtes anwandte, war
uct wenig glänzend, die Hand aber mufste wegen der
ie augenblicklich weggezogen werden. Mit Melloni's so-
erwähnenden Versuchen stimmt dieses nicht überein, doch

wegen er die Körper in letzterer Beziehung *diatherma*
Die von ihm untersuchten Körper nebst der Angabe
mengen, welche durch sie hindurch fielen, zeigt
Tabelle.

Steinsalz, klar . . .	92	Nufsöl, gelb	
Flintglas, klar . . .	67	Olivenöl, grüngelb	
Schwefelkohlenstoff, klar	63	Rüböl, gelb	
		Aquamarin, bläulich	
Chlorschwefel, roth- braun	63	Borax, halbklar . .	
		bras. Turmalin, grün	
Kalkspath, klar . .	62	Copaivabalsam, dun- kelgelb	
Bergkrystall, klar .	62		
Rauchtopas, braun .	57	Adular, klar, aderi	
Topas, bras. klar .	54	Schwefeläther . . .	
kohlens. Blei, klar .	52	Gyps, klar	
Kronglas	49	Schwefelsäure . . .	
Achat, weifs, durch- scheinend	35	Salpetersäure . . .	
		Alkohol	
Schwerspath, halb- klar	33	Citronensäure . .	
		Alaunkrystall . .	
Terpentinöl, farblos	31	Wasser	

Bei einigen dieser Körper steht ihre *Diathermani*
durch und *θερμαίνω* ich erhitze) in gleichem V
ihrem Refractionsvermögen, allein dieses ist bei
allen der Fall, auch ist es bei den krystallisirten
in welchem Verhältnifs zu ihrer Krystallisations
schnitten sind. Auffallend zeigt sich aber, dafs di
tigkeit auf die Diathermanie keinen durchaus bedin
fluſs habe, denn MELLONI liefs aus einem Raucht
Millim. dicke Scheibe verfertigen, die so undurch
dafs man bei vollem Tagslichte kaum eine dara

erklärt es sich genügend aus denen, die wir später n
werden.

1 Statt Diathermanie sagt man auch *Diathermanität*
Ausdruck scheint mir den gebräuchlichen Regeln der W
gemessener zu seyn, und er hat aufserdem den Vor
und gröfseren Uebereinstimmung mit dem verwandten:
weswegen ich beide ausschliefslich gebrauche.

Digitized by Google

Druckschrift erkennen konnte, und dennoch liefs sie von Wärmestrahlen 54 hindurch, statt dafs durch eine voll-en klare, nur 1,5 Millim. dicke Platte eines Alaunkrystalls rchfielen. Ueber den Einflufs der Dicke erhielt er gleich-erkwürdige Resultate. Bei einer Rauchtopasplatte ging enge der von 100 Wärmestrahlen durchgelassenen durch vermehrte Dicke nur von 57 bis 54 herab, eine Kalk-latte vorlor durch 46mal vermehrte Dicke nur ein Viertel liathermanen Eigenschaft, und bei Steinsalz wurde kein chied zwischen Scheiben von 2 bis 30 oder 40 Millim. wahrgenommen. Aus klarem Spiegelglase wurden vier n von 2, 4, 6, 8 Millim. Dicke, möglichst parallelen n und bester Politur geschliffen. Als auf diese eine bei leiche Wärmemenge fiel, die wir durch 1000 ausdrücken betrug die Menge der durchgehenden der Reihe nach 76, 558 und 549. Denkt man sich nun die dickste aus vier einzelnen von der Dicke der ersten bestehend, igt der Verlust der Wärme beim Durchgange durch die 81 der Gesammtmenge, bei der zweiten 43 von 619, 0,071, und ebenso bei der dritten 0,031 und bei der 0,016. Bei drei dicken Glasstücken von 2, 4, 6 Zoll waren die Mengen der durchdringenden Strahlen 484, d 303 von 1000, also die Verluste 516 auf 1000 = 0,516, f 484 oder 0,215, 80 auf 383 oder 0,209 des Ganzen. iches Gesetz der Abnahme zeigte sich bei Rüböl schich-verschiedener Dicke, und dieses Verhalten ist ver-von dem, was beim Lichte statt findet.

!) In einer weiteren ausführlichen Abhandlung hat [1] die wichtigen Resultate seiner Untersuchungen mit-, bei denen er sich des von ihm und Nobili erfunde-ermomultiplicators bediente[2], dessen hoher Grad von lichkeit ihn zu Versuchen dieser Art vorzüglich geeig-ht, wovon wir jedoch hier nur eine Zeichnung mit- Fig. da die Hauptsache, die thermoelektrische Säule, be- 58.

---

orläufige Nachricht in L'Institut 1833. N. 8 u. 12. Bibl. 8. Oct. p. 191. Poggendorff's Ann. XXVIII. 637. Die Ab-selbst in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 1. Poggen-nn. XXXV. 112. 277. 385. 529. 559.

. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 1001.

reits beschrieben worden ist, die übrigen Theile aber keiner n
Beschreibung bedürfen. Als ein besonderer sehr grofse
zug dieses Instrumentes vor andern Thermometern wird
mit Recht durch Melloni und Forbes hervorgehoben,
in so unglaublich kurzer Zeit auf sein Maximum kommt
allen Dingen war erforderlich, die vermöge der Strahlung
die Körper dringende Wärme von der durchgeleiteten z
nen. Die hierfür von Pictet, Prevost, Ritchie u
laroche angewandten Methoden sind bereits erwähnt w
sie waren für Melloni's Vesuche nicht geeignet,
wählte daher eine andere, indem er die zu untersuchende
per in diejenige Entfernung vom Thermomultiplicator
in welcher die ohnehin schwache und langsame Durc
ein Minimum wird, d. h. er stellte den diathermanen
in die Mitte zwischen die Wärmequelle und den Ther
tiplicator[1]. Es ergab sich übrigens aus den Versuchen
evident, dafs die das Thermoskop afficirende Wärme
vermöge der Strahlung durch die Schirme dringende w
die Nadel bedurfte bei jeder Art von Schirmen die
Zeit, um stationär zu werden, nämlich 1,5 Minuten
bewegte sich die Nadel gar nicht, wenn die Strahle
eine geschwärzte Glasscheibe oder Kupferscheibe auf
wurden, und auch dann nicht, wenn die ungeschwärzte
scheiben eine hinlänglich lange Zeit in gleichem Abst
abgesondert stehenden Wärmequelle ausgesetzt und
den Thermomultiplicator an die gewöhnliche Stelle
wurden, wie nothwendig hätte geschehn müssen, w
von ihnen ausströmende Wärme auf das Thermoskop

---

1 Ist a der Abstand der Wärmequelle vom Thermomul
x der Abstand des Schirms vom Thermomultiplicator und
tensität der Wärmequelle, so hat man unter der bekannten
setzung, dafs die Intensität der Strahlung dem Quadrate de
nung umgekehrt proportional ist, für die Strahlen auf der
fläche des Schirms $\frac{i}{(a-x)^2}$ und für die Hinterfläche $\frac{ci}{(a-x}$
c die Leitungsfähigkeit des Schirmes bezeichnet. Es ist da
nach eben diesen Principien die Strahlung von der Hinterf
Schirms gegen das Thermoskop: $\frac{ci}{x^2(a-x)^2}$, und um hierfü
nimum y zu finden, mufs man das Differential der Gleichung
Man erhält dann

Digitized by Google

vermöchte[1]. Hiermit noch nicht zufrieden, da es haupt-
ch auf den Beweis ankam, dafs auch die Strahlen der
en Wärme die Körper durchdringen, was bis dahin geleugnet
n war, stellte MELLONI[2] die thermoelektrische Säule so,
hre Oeffnung einem direct auf sie einfallenden, durch eine
durchgefallenen Strahlencylinder ausgesetzt war. Rückte
selbe seitwärts, so nahm die Wirkung ab und verschwand
ch, sobald sie aus diesem Strahlencylinder gekommen war,
wenn er sie seitwärts der Platte näherte und letztere
Umdrehung um ihre verticale Axe in eine Lage brachte,
je welcher sie der Oeffnung der Säule zugekehrt durch
gene Wärme auf diese einwirken mufste. Eine Haupt-
war aber, das Verhältnifs der die Nadel ablenkenden
zu den durchlaufenen Bogen zu finden, welches bei je-
pparate verschieden ist. Es ergab sich, dafs für den
ELLONI gebrauchten bis zu 20 Graden die Kräfte den
direct proportional sind, was eine Folge seiner eigen-
hen Windungen ist; für die übrigen erhielt er folgende
:

Grade	Kräfte	Grade	Kräfte	Grade	Kräfte
20°	20,0	29°	33,4	38°	55,4
21	21,1	30	35,3	39	58,5
22	22,3	31	37,4	40	61,9
23	23,7	32	39,6	41	65,5
24	25,1	33	41,8	42	69,3
25	26,6	34	44,1	43	73,2
26	28,2	35	46,7	44	78,0
27	29,9	36	49,5	45	83,2
28	31,6	37	52,4		

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{2ci(2x-a)}{x^3(a-x)^3},$$

= 0 gesetzt die Gröfse $2x - a = 0$ giebt. Hieraus folgt
, der Schirm mufs sich also in der Mitte zwischen der
elle und dem Thermomultiplicator befinden.
Wenn man die Langsamkeit des Fortganges der nicht strah-
Wärme durch die Luft berücksichtigt, wie sie oben nachge-
rden ist, so kann man nicht wohl auf die Idee kommen, dafs
auf den Schirm fallenden und ihn durchdringenden Wärme ein
n seiner Hinterfläche durch die Luft zum Thermomultiplicator
teyn sollte.

[1] Poggendorff's Ann. XXXVII. 206.

Beiläufig möge, wegen der Wichtigkeit der Versuche, bemerkt werden, dafs die beiden Enden der thermoelektr Säule jede eine quadratische Fläche von 4,24 Centim. sie bestand aus 27,5 Paaren von Wismuth – und Antimonstä Millim. lang, 2,5 breit und 1 Millim. dick. Um den der eigenen Wärme der zu untersuchenden Schirme auf di zeste Weise zu entfernen, wurden zwei gleiche gewa auf gleichen Gestellen in gleiche Entfernung vor beide der thermoelektrischen Säule gestellt, wodurch die Na auf 0 einstellte. Als Wärmequelle ist eine Argand'sche mit gereinigtem Oele am besten anwendbar, deren Wärm Stunden lang unverändert bleibt. Um die Intensität Wärmequelle stets gleich zu erhalten, wurde die Lam irgend einen Schirm in solche Entfernung gestellt, Nadel bis 30 Grad abwich; zur Ausscheidung sonstige len diente ein grofser, in der Mitte durchbohrter, Oeffnung der thermoelektrischen Säule gestellter Met aufserdem aber war vor beiden Oeffnungen noch ein Schirm angebracht; es bedurfte demnächst nur, d Lampe von der andern Seite der Säule die Nadel wie zurückführte, und dann beide Schirme angebracht wur den Nullpunct der Säule herzustellen und in kurzen Z zu neuen Versuchen überzugehn, indem sonst das G wicht zwischen beiden Enden nur nach längerer Zeit hergestellt wird.

313) Die erste Untersuchung bezog sich auf den *der Oberfläche*, und es ergab sich, dafs auf gleiche als das Licht, auch die Wärme am leichtesten dur Oberflächen dringt. Es ging dieses aus Versuchen m einer und derselben Scheibe geschnittenen, gleich dicke men von Spiegelglas hervor, deren Oberflächen einen U von der gröfsten Rauheit bis zur feinsten Politur bild Ablenkungen der Nadel, deren Gröfse ohne die Sch also corrigirt 35°,3 betrug, war der Reihe nach 5°,3 8°,66; 12°,58; 14°,79; 17°,42; 18°,79; 19°,15. Die des ersten Versuchsreihe über den *Einflufs der Dicke* maner Körper sind bereits (§. 311) erwähnt worden; noch sind diejenigen, welche mit gereinigtem Rüböl wurden, weil die zunehmend dickeren Schichten dic sigkeit von weit homogenerer Beschaffenheit waren,

Digitized by Google

gebrauchten Glastafeln, in denen sich die ungleichen
n nicht vermeiden liefsen. Das Oel befand sich in ku-
n Kästen von gleichem Querschnitt, aber ungleicher
, die an ihren Enden mit gleichen Glasscheiben ver-
en und zwischen den durchbohrten Schirm und die Oeff-
des Thermomultiplicators gestellt wurden. Um den Ein-
ler Glasscheiben zu eliminiren, genügte es, einen der un-
n Kasten hinzusetzen und die Lampe so weit zu nähern,
ie Nadel sich auf 30° (corr. 35°,3) einstellte, dann die
durch einen Schirm zu bedecken, die Nadel wieder auf
Normalstand zurückgehn zu lassen und nach Wegnahme
hirms die Messungen zu beginnen. Auf diese Weise
a folgende einander zugehörige Gröfsen gefunden:

Dicke der Flüssigkeit	Ablenkung	Dicke der Flüssigkeit	Ablenkung
6,767 Millim.	15°,642	54,139 Millim.	9°,540
13,535 —	12,831	81,209 —	8,988
27,069 —	10,389	108,279 —	8,512

t man auch hier die Gesammtmenge der Strahlen durch
ms, so hat man folgende Gröfsen:

Dicke der Schicht	durchgehende Strahlen	aufgefangene Strahlen
6,767 Millim.	443	557
13,535 —	363	637
27,069 —	294	706
54,139 —	270	730
81,209 —	255	745
108,279 —	244	756

übersieht bald, dafs die Wärmeverluste mit der Dicke
men, ohne dafs sich jedoch ein bestimmtes Gesetz hier-
rausstellt; so viel ist jedoch ersichtlich, dafs beim Ein-
der Wärmestrahlen in die diathermanen Körper eine Menge
ben verloren gehe, der Rest aber sehr tief in diese Sub-
n eindringe. Die bereits erwähnte merkwürdige Beob-

Es scheint mir wahrscheinlich, dafs auch beim Austritt der
e ein Verlust derselben statt findet, doch sind mir keine Ver-
bekannt, die hierüber entscheiden.

achtung von Delaroche, dafs die durch eine erste Gla durchgegangenen Wärmestrahlen eine folgende mit weit gerem Verluste durchdringen, wurde durch Melloni b denn die Abweichungen der Nadel nach dem Zwischen eines bis zu vier Glasschirmen waren 21°,62; 18°,75; 15°,90. Wird hierbei die Gesammtmenge der Strahle 1000 ausgedrückt, so erhält man folgende Gröfsen:

Zahl der Schirme	Strahlen durchgelassene	Strahlen aufgefangene
1	619	381
2	531	469
3	484	516
4	460	540

und die Quotienten der Verluste, wenn die jedesmal vor Menge als Einheit betrachtet wird, sind

0,381; 0,134; 0,087; 0,058.

Es findet also noch für die vierte Scheibe ein Verlust v Gröfse desselben vermindert sich aber zunehmend, was auffallender ist, da die dunklen Wärmestrahlen um so das Glas durchdringen, je geringere Intensität der H besitzen.

314) Zunächst richtete Melloni seine Bemühun die Beantwortung der Frage, welchen *Einfluſs die Du tigkeit* und *die eigenthümliche Beschaffenheit* der auf die Durchleitung der Wärmestrahlen ausübe, denn Versuche deuteten zwar schon auf eine Ungleichheit dieses strahlungsvermögens bei verschiedenen Körpern, auch wa genügenden Thatsachen vorhanden, dasselbe der Durchstr derselben direct proportional anzunehmen, es fehlte abe gänzlich an genauen, unter sich vergleichbaren Resultate nachfolgenden Versuche dienen dazu, dieses wichtige P aufzuklären. Um aus den zu untersuchenden Fluss geeignete Schirme zu bilden, liefs Melloni in eine Glasscheibe mit parallelen Flächen mehrere 2 Cent. Bre 9 Cent. lange Oeffnungen einschneiden, legte auf beiden derselben flache Spiegelscheiben an, welche durch einen a messingnen Rahmen mit vier Schrauben angedrückt w

Digitized by Google

e die so gebildeten Räume mit den Flüssigkeiten. Die
en Apparaten erhaltenen Resultate machte er dadurch
bar, dafs er ein Stück der genannten, hierzu genom-
icken Spiegelscheibe zwischen die beiden bedeckenden
gte und die Lampe so weit näherte, bis die Nadel
endung dieses Schirmes, in welchem die Glasplatte eine
Dicke, als die Flüssigkeitsschicht besafs, zugleich aber,
e, zwischen den beiden Glasplatten lag, welche die
itsschicht begrenzten, eine gleiche Abweichung von
te, als wenn sie für sich allein angewandt wurde.
ltenen relativen Gröfsen des Durchleitungsvermögens
lende Wärme sind nach den einzelnen Gruppen in
r Tabelle zusammengestellt.

Substanzen der Schirme.	Ablenkung	Durchfallende Strahlen
Farblose Gläser, 1,88 Millim. dick.		
ein Schirm	30°,00	100
Hintglas von Guinand	22,90	67
— englisches	22,43	65
— französisches	22,36	64
— anderer Art	22,19	64
Spiegelglas	21,89	62
— andere Art	21,10	60
— noch andere Art . . .	20,78	59
Kronglas, französisches	20,58	58
Fensterglas	19,25	54
— andere Art	18,56	52
— noch andere Art . . .	17,83	50
Kronglas, englisches	17,22	49
2) Flüssigkeiten. Dicke 9,21 Millim.		
Spiegelglas	19°,10	53
Schwefelkohlenstoff, farblos . .	21,96	63
Chlorschwefel, stark rothbraun .	21,83	63
Phosphorchlorür, farblos . . .	21,80	62
Chlorkohlenwasserstoff, farblos .	13,27	37
Nufsöl	11,10	31
Terpentinöl, farblos	10,83	31
Rosmarinöl, farblos	10,46	30
Rüböl, gelb	10,38	30
Olivenöl, grüngelb	10,35	30

Substanzen.	Ablenkung	Durchfallende Strahlen
Naphtha, natürliche, schwach braungelb	9°,77	28
Copaivabalsam, merklich gelbbraun	9,39	26
Lavendelöl, farblos	9,28	26
Nelkenöl, schwach gelblich	9,26	26
Naphtha, rectificirte, farblos	9,10	26
Schwefeläther, farblos	7,59	21
Schwefelsäure, farblos	6,15	17
Nordhäuser Vitriolöl, merklich braun	6,09	17
Ammoniaklösung, farblos	5,47	15
Salpetersäure, farblos	5,36	15
Alkohol, absoluter, farblos	5,30	15
Kalihydrat, farblos	4,63	13
Essigsäure, rectificirte, farblos	4,35	12
Holzsäure, brenzliche, schwach bräunlich	4,28	12
Zuckerwasser, farblos	4,20	12
Alaunlösung, farblos	4,16	12
Kochsalzlösung, farblos	4,15	12
Eiweifs, schwach gelb	4,00	11
Wasser, destillirtes, farblos	3,80	11
3) Krystallisirte Körper. Dicke 2,62 Millim.		
Spiegelglas	21°,60	62
Steinsalz, klar	28,46	92
Kalkspath, klar	21,80	62
— andere Art, klar	21,30	64
Bergkrystall, farblos, klar	21,64	62
Rauchtopas, stark braun, klar	20,25	57
Brasilianischer Topas, farblos, klar	19,18	54
Weifsbleierz, klar	18,35	52
weifser Achat, durchscheinend	12,48	35
Schwerspath, klar, schielend gestreift	11,72	33
Aquamarin, klar, schwach blau	10,16	29
Achat, gelber, durchscheinend	10,10	29
Borax, durchscheinend	9,87	28
Turmalin, grün, klar	9,54	27
Adular, klar, schielend gestreift	8,30	24
Gyps, klar	7,15	20
Flufsspath, klar, schielend gestreift	5,40	15
Citronensäure, klar	5,15	15
Sardonyx, durchscheinend	4,98	14

Digitized by Google

Substanzen.	Ablenkung	durchfallende Strahlen
chlensaures Ammoniak, klar, schielend gestreift	4°,50	13
einsaures Kalinatron, klar . .	4,40	12
laun, klar	4,36	12
hwefelsaures Kupfer, klar, stark blau	0,0	0
4) Gefärbte Gläser. Dicke 1,85 Millim.		
nkelviolett	18°,62	53
ßlichroth	18,58	53
rpurroth	18,10	51
haft roth	16,54	47
fs violett	16,08	45
ngeroth	15,49	44
ßblau	15,00	42
nkelgelb	14,12	40
ßlichgelb	12,08	34
ßgelb	11,75	33
nkelblau	11,60	33
ßlgrün	9,15	26
neralgrün	8,20	23
r dunkelblau	6,88	19

e bloße Anblick dieser Tabelle zeigt, daſs die Durch- keit der Körper keineswegs ihrer Eigenschaft, die Wär- n durchzulassen, proportional ist. Um den auffallen- nterschied in dieser Beziehung zwischen Alaun und Rauch- noch weiter zu prüfen, stellte Melloni vergleichende n mit einem 1,5 Millim. dicken, ganz klaren Alaun- n und einem polirten, 86 Millim. dicken Rauchtopase lcher so dunkel war, daſs er, auf grobe Druckbuchstaben diese am hellen Tageslichte nicht erkennen lieſs; den- ch das Alaunblättchen nur 6°, der Rauchtopas aber 19° lung der Magnetnadel. Inzwischen zeigten sich die , bei denen alles Durchscheinen mangelt, als Metalle, und Marmorarten, für Wärmestrahlen ganz undurch- ch, woraus wieder ein gewisser Zusammenhang zwischen nd Wärme hervorzugehn scheint[1]. Bei den Flüssigkeiten

[1] Daſs so viele Wärmestrahlen nach der Tabelle durch helles

fällt meistens die Diathermanie mit dem Brechungsvermö… sammen, bei den krystallisirten Körpern ist dieses aber … wegs der Fall. Vorzugsweise auffallend ist das grofse … durchlassungsvermögen des Steinsalzes in Vergleich… dem Glase, wie auch ohne künstliche Apparate wahrz… ist, wenn man die Strahlen eines Küchenfeuers auf einen … fel von Steinsalz und einen ähnlichen von Glas fallen … welchem Falle der letztere stark erhitzt wird, der … nur unbedeutende Wärme annimmt. Beim Steinsalze … dem der geringe Einfluss der Dicke höchst merkwürdig … bei Schirmen von 2 und von 40 Millim. Dicke … kein Unterschied in der Ablenkung der Nadel. Auch … nem Kalkspathstücke von 92 Millim. Dicke ging die … kung nur auf 18 ,5 Millim. herab, da sie bei 2,6 Millim … 21°,8 betrug. Die Richtung gegen die Krystallisation… keinen Unterschied, wie sich bei gleich dicken Scheiben … krystall zeigte, die in den verschiedensten Richtungen … diese Axe geschnitten waren.

315) In einer zweiten, gleich ausführlichen Abh… prüft Melloni den Einfluss, welchen die *Ungleich… Wärmequelle* auf die Diathermanie der verschiedenen … ausübt. Hierbei war erforderlich, die entwickelte Wär… und nicht nach ihrem Durchgange durch Glas, wie … Gebrauche der Argand'schen Lampe mit Glasschorn… schehn war, anzuwenden, weswegen hierzu eine … Lampe mit einfachem Dochte[2], ein schraubenförmig … dener, durch eine Weingeistflamme glühend erhaltener … draht, ein Kupferhut, welcher über einer Weingeist… constante Temperatur von 390° C. oder in runder Zahl …

Glas geht, scheint mit dem (§. 311 Anm.) angeführten Ver… Gahn im Widerspruch zu stehn; man mufs aber berücksichtig… eine Argand'sche Lampe eine weit gröfsere Weifse des Lichts … ein Küchenfeuer; die starke Diathermanie des Rauchtopas … übrigens mit jener Erscheinung gut überein.

1 Annales de Chim. et Phys. T. LV. p. 337. Poggendorf… XXXV. 385. 529.

2 Melloni gebrauchte eine *Locatelli'sche* Lampe; man sieht … aus der Beschreibung, dafs jede gemeine Lampe mit einfachem … und ohne Glasschornstein ausreicht, wenn ihre Flamme und die … durch sie erzeugte Wärme lange genug sich gleich bleibt.

Digitized by Google

und ein geschwärztes, mit siedendem Wasser gefülltes
on dünnem Kupferblech gewählt wurden. Diese ver-
n Wärmequellen befanden sich stets in einem solchen
vom Thermomultiplicator, dafs die Nadel desselben
corrig. 35°,3) abwich, und die erhaltenen Resultate
r unter sich vergleichbar.

Eine vorläufige Versuchsreihe war dazu bestimmt, zu
, inwiefern die Dicke der diathermanen Körper auf
e der von verschiedenen Wärmequellen ausgehenden
einen Einfluſs ausübt. Zu diesem Ende wählte Mel-
en Glasplatten von zunehmender Dicke, setzte sie als
len vier Wärmequellen aus und erhielt folgende Wärme-
on 100, wenn L die Lampe, P den Platindraht, K das bis
400° C. erhitzte Kupferhütchen und W das Gefäfs mit
Wasser bezeichnen, welche als Wärmequelle dienten.

Dicke der Scheiben	L	P	K	W
0,07 Millim.	77,0	57	24,0	12
0,5 —	54,0	37	12,0	1
1,0 —	46,0	31	9,0	0
2,0 —	41,0	25	7,0	0
4,0 —	37,0	20	5,0	0
6,0 —	35,0	18	4,0	0
8,0 —	33,5	17	3,4	0

ge der durch diathermane Körper dringenden Wärme-
nimmt mit der Dicke der Lamellen ab, aber für jede
elle in einem verschiedenen Verhältnisse, und zwar
der Intensität der Wärmequelle umgekehrt proportio-
Nach früheren Versuchen von Ritchie, Delaroche
lern schienen die dunklen Wärmestrahlen gar nicht
ringen, weil die von ihnen angewandten Lamellen im-
nicht dünn genug waren, Melloni aber dehnte seine
auf noch weit dünnere Lamellen aus, namentlich
und Glimmer, die sich sehr leicht spalten lassen, und
s die Mengen der von allen Wärmequellen durchdrin-
trahlen sich der Gleichheit um so mehr nähern, je dün-
Blättchen werden. Hieraus geht hervor, dafs die Wär-
n nicht von der Oberfläche zurückgeworfen werden,
allerdings in das Innere der Körper eindringen und

Digitized by Google

hier erst verschwinden, oder, wie er sich ausdrückt, [illegible] Wärmestrahlen von verschiedener Abkunft mehr oder [illegible] schnell im Innern einer und derselben Masse erlöschen, [illegible] chen der Körper also auf die strahlende Wärme eine [illegible] sorptionskraft ausüben und zwar eine desto stärkere, [illegible] ger die Temperatur der Wärmequelle ist[1]. Zugleich [illegible] ein merkwürdiger Unterschied der verschiedenen Körper [illegible] sichtlich ihres Vermögens, die minder hellen Wärme[illegible] len am Durchgehen zu hindern, wie folgende Tabelle [illegible] worin die obigen Bezeichnungen der Wärmequellen [illegible] ten und die Mengen der durchgelassenen Strahlen [illegible] sind.

---

1 Melloni scheint mir in Gefahr, sich selbst und [illegible] nen Irrthum zu verstricken und dadurch einen Hauptsatz [illegible] sehen, wenn er bei dem Satze stehen bleibt, dafs die Wär[illegible] um so weniger die Körper durchdringen, je geringer die [illegible] Wärmequelle ist. Allerdings ist die Intensität der Hitze [illegible] zenflamme gröfser, als die eines Gefäfses mit siedendem [illegible] denn die Hitze wächst mit zunehmender Lichtentwickelung [illegible] len Körper bis zum weifsglühenden; allein bei den vorliegen[illegible] suchen war die Intensität der Wärme da, wo sie auf die [illegible] allezeit gleich, denn die Wärmequelle wurde sehr zweck[illegible] wegen der Nothwendigkeit, vergleichbare Resultate zu [illegible] viel näher gerückt, dafs die Nadel ohne Schirm bis 30° [illegible] Diesemnach wurden von den gleich intensiven Wärmestrahlen [illegible] von den dunklen, als von den leuchtenden absorbirt, und [illegible] mufs die Ursache nothwendig in ihrer eigenthümlichen [illegible] liegen. Die mit Lichtstrahlen verbundenen oder zugleich [illegible] wickelnden Wärmestrahlen, obgleich an Intensität den dunklen [illegible] überlegen, sind daher insofern von ihnen verschieden, als sie [illegible] in die Körper eindringen und dieselben leichter durchdringen. [illegible] übrigens diathermane Körper gar keine Wärmestrahlen von der [illegible] fläche zurückwerfen sollen, kann wohl nicht in ganzer Strenge [illegible] denn Melloni selbst giebt (§. 324) die Gröfse der Reflexion [illegible] Wärmestrahlen von der Oberfläche des Bergkrystalls an, und [illegible] erhielt unzweideutige Spuren der Polarisation durch Reflexion [illegible] 333).

Digitized by Google

Substanzen, 2,6 Millim. dick.	L	P	K	W
einsalz, klar, farblos	92	92	92	92
alkspath, klar, farblos . . .	78	69	42	33
einsalz, durchsichtig, schielend	65	65	65	65
yll, klar, grüngelb	54	23	13	0
alkspath, klar, grünlich . .	46	38	24	20
lkspath, klar, farblos . . .	39	28	6	0
— klar, farblos	39	28	5	0
gelglas, klar, farblos . . .	39	24	6	0
— klar, farblos	38	26	5	0
gkrystall, klar, farblos . . .	38	28	6	0
htopas, klar, braun . . .	37	28	6	0
res chroms. Kali, klar, orange	34	28	15	0
pas, klar, farblos	33	24	4	0
ubleierz, klar, farblos . . .	32	23	4	0
werspath, klar, schwach- schielend	24	18	3	0
at, durchscheinend, weifs . .	23	11	2	0
lar, klar, schielend, gestreift	23	19	6	0
thyst, klar, violett	21	9	2	0
stein, künstlicher, klar, gelb	21	5	0	0
marin, klar, blaugrün . . .	19	13	2	0
t, durchscheinend, gelb . .	19	12	2	0
r, durchscheinend, weifs . .	18	12	8	0
olin, klar, dunkelgrün . .	18	16	3	0
enhorn, durchscheinend, braun	18	4	0	0
, gemeines, klar, gelblich	18	3	0	0
werspath, klar, schielend, ge- streift	17	11	3	0
, klar, farblos	14	5	0	0
nyx, durchscheinend, braun	14	7	2	0
nensäure, klar, farblos . .	14	2	0	0
ens. Ammoniak, klar, schie- bd, gestreift	12	3	0	0
s. Kalinatron, klar, farblos	11	3	0	0
stein, natürl., durchscheinend, lb	11	5	0	0
n, klar, farblos	9	2	0	0
, klar, gelbbraun	9	2	0	0
mutter, durchscheinend, weifs	9	0	0	0
diszucker, klar, farblos . .	8	0	0	0
spath, durchscheinend, grün	8	6	4	0
ier, geschmolzener, klar, gelb- ch	7	0	0	0
sehr rein, klar, farblos . .	6	0	0	0

Aus diesen Versuchen geht das wichtige Resultat hervor, dafs es Wärmestrahlen von verschiedener Beschaffenheit gibt, indem einige von gewissen Körpern mehr als andere absorbirt werden. Eben dieses zeigt sich auch, wenn man gleich intensive Wärmestrahlen einer Lampe, nachdem sie durch schwarzes undurchsichtiges Glas gegangen sind, die des glühenden Platins, des 400° heifsen Kupfers und des Luftgefäfses durch eine 1 bis 2 Millim. dicke Glasscheibe auf die Säule fallen läfst. Nennt man die Menge der durch die Glasscheibe gedrungenen Strahlen für die erste Wärmequelle 1, so ist sie für die zweite 0,7 bis 0,8; für die dritte 0,1 bis 0,2, für die vierte endlich 0, obgleich in allen vier Fällen gleiche Wärme vorhanden ist[1]. Am merkwürdigsten in dieser Beziehung ist das Steinsalz, welches unter allen untersuchten Körpern allein von den verschiedenen Wärmestrahlen eine gleiche Menge absorbirt und durchläfst. Dieselbe Erfahrung macht man auch dann, wenn die Wärmequellen eine noch gröfsere Intensität haben, z. B. wenn man sie von Gefäfsen durchläfst, in denen sich nur bis 45° C. erwärmtes Wasser befindet, wie nicht minder bei der Anwendung dickerer Schichten. Fünf Steinsalzplatten von 15 bis 20 Millim. Dicke lassen von vier Wärmequellen eine gleiche Menge durchlassen. Ferner vergleicht dieses mit dem Durchlassen der Lichtstrahlen durch verschiedenfarbige Gläser, indem nur die mit den farbigen Gläsern gleiche Farben besitzenden Lichtstrahlen frei durchdringen, die andern aber absorbirt werden, und es verhält sich nach die dunkleren Wärmestrahlen den farbigen Lichtstrahlen ähnlich, die nur durch gewisse Körper dringen, die von der Sonne oder einer hellglänzenden Flamme ausgehenden weifsen Lichte. Die Körper zerfallen hiernach in *diathermane* und *athermane*, und die ersteren wieder in *universelle* und *partielle*, wobei es nur eine einzige universell diathermane, den farblosen Mitteln zu vergleichende Substanz gibt, das Steinsalz; alle übrige aber, die den farbigen Körpern in ihren Substanzen analog sind, gehören zu den partiellen. Melloni nimmt meistens an, und dieser Ansicht war anfangs auch Melloni, dafs alle nicht diaphane Körper zugleich athermane sind, allein Versuche mit schwarzem Glase und schwarzem

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 211.

Digitized by Google

tensivste Sonnenlicht vollständig auffingen, zeigten folgender Tabelle, worin die nämlichen Bezeichnungen sind, als partiell diathermane:

	L	P	K	W
arzes Glas, 1 Millim. dick . .	26	25	12	0
— — 2 — — . .	16	15,5	8	0
arzer Glimmer, 0,6 Millim. dick	29	28	13	0
— — 0,9 — —	20	20	9	0

Delaroche beobachtete und Melloni bestätigt Wärmestrahlen, wenn sie durch eine diathermane ngen sind, durch eine zweite mit geringerem Ver-, zeigt sich gleichfalls dem Verhalten des Lichtes n die weifsen Lichtstrahlen verlieren viel beim durch eine farbige Glasplatte, die durch diese ge-arbigen aber verlieren nur wenig, wenn sie eine von gleicher Farbe durchdringen.

dient man sich der nämlichen Wärmequelle, aber er Intensität, so scheint es, als müsse man annehlie unter übrigens gleichen Bedingungen erzeugte Intensitäten direct proportional seyn werde, allein bestätigten dieses nicht. Hierbei diente ein hohvon dünnem Metallblech mit heifsem Wasser gew die Wärme aus seiner mit Kienrufs überzogenen gleichen Entfernungen gegen die thermoelektrische n liefs. Die Temperatur des Wassers wurde durch gemessen, und die folgende Tabelle enthält unter ratur des Wassers, unter t den Ueberschufs über die peratur und unter Θ die Grade der Temperatur, äule anzeigte, alle nach der hunderttheiligen Scale.

T	t	Θ	T	t	Θ
100°	75°	35°,58	60°	35°	12°,21
94	69	30,81	55	30	9,85
90	65	28,25	50	25	7,75
85	60	25,23	45	20	5,34
80	55	22,40	40	15	3,60
75	50	19,68	35	10	2,05
70	45	17,01	30	5	0,92
65	40	14,45			

Sucht man die Quotienten $\Theta : t$, so sind sie einander aus nicht gleich, wie zu erwarten wäre, sondern $\frac{35,36}{75} =$ $\frac{19,68}{50} = 0,3936$; $\frac{5,34}{20} = 0,267$ u. s. w. Man muß nehmen, daſs die Wärmestrahlen beim Durchgange durch geschwärzte Metallplatte einen mit der Abnahme der Dichtigkeit wachsenden Verlust erlitten[1].

318) Die Wärmestrahlen zeigen, wie die Lichtstrahlen die Fähigkeit gebrochen zu werden, und da das Steinsalz einzige universell diathermane Körper ist, so muſs man bei den Versuchen über die *Refraction* der Wärme Anwendung bringen. Nach früheren Versuchen glaubte man den gegen ein Küchenfeuer gehalten zwar einen Brennpunct, allein dieser hatte nur eine geringe Wärme und Scheele[2] behauptete, ein Thermometer steige ben gar nicht, wogegen jedoch Herschel und Da den, daſs einige meſsbare Wärme vorhanden sey, deswegen, weil sie ein heller brennendes Feuer Die Brechbarkeit, selbst der ganz dunklen Wärme wurde aber durch folgenden Versuch unwiderleglich Fig. den. Melloni stellte das Gefäſs mit siedendem Wasser 59. den Schirm, und die thermoelektrische Säule S so nach O fortgepflanzten Wärmestrahlen sie nicht ten, weswegen die Magnetnadel auf 0 stehn blieb stellte er auf das Tischchen G ein Steinsalzprisma hierdurch gebrochenen Wärmestrahlen fielen auf die die Nadel zeigte augenblicklich die Erwärmung der trischen Säule. Daſs dieses keine Folge der Prisma's sey, ergab sich deutlich; denn wenn man den Winkel desselben umkehrte, ging die Nadel zurück. Eine interessante Frage hierbei war, ob gleichen Wärmequellen ausgehenden Strahlen eine Brechbarkeit zeigen. Um dieses auszumitteln, stellte Fig. 60. eine thermoelektrische Säule M von 15 über einander

1 Möglicherweise könnte dieser Verlust auch zum Theil vom Durchgange durch die Luft herrühren.

2 Dessen Werke Th. I. S. 125.

3 Philos. Trans. 1800 und 1820.

Digitized by Google

smuth und Antimon auf das Lineal D, welches auf
bogen AB verschiebbar lag. Die Wärmestrahlen von
nden Platindrahte wurden durch das Steinsalzprisma
und die thermoelektrische Säule so lange verscho-
ie Nadel die gröfste Intensität der Wärme zeigte.
n statt des Platins die Lampe hingestellt, so mufste
etwa zwei Linien weiter nach B geschoben werden,
fste Wärmeintensität zu erhalten, und um drei Li-
i zu, wenn das erhitzte Kupferhütchen angewandt
Gefäfs mit siedendem Wasser hatte zu geringe In-
s dafs eine genaue Messung damit gestattet wäre.
nd also die dunkleren, weniger intensiven Wärme-
am wenigsten brechbaren, so wie die am mei-
nden farbigen Lichtstrahlen eine geringere Brechung
s die minder leuchtenden. Eine Linse aus Steinsalz
rmach die Vortheile, dafs man damit geringe Wär-
concentriren oder auch die Strahlen einer intensi-
equelle, wenn man letztere in den Brennpunct der
, weit fortpflanzen kann.

ie hieraus hervorgehende auffallende Aehnlichkeit
m Verhalten des Lichtes und der Wärme mufste
die Frage veranlassen, ob sich bei den Strahlen
nicht auch eine Art von *Polarisation* zeige. Das
rs Delaroche und Berard in dieser Beziehung
haben, wovon bereits die Rede war, ist von gerin-
ng, eine eigene Polarisation der Wärmestrahlen da-
rst durch Forbes aufgefunden worden, wie sogleich
den soll; wir wollen aber, um den Zusammenhang
terbrechen, die durch Melloni anfangs erhaltenen
n Resultate hier vorläufig erwähnen. Da die Licht-
leicht durch Turmalinplatten bewirkt wird, welche
lisationsaxe parallel geschnitten sind, so klebte
er die viereckige Oeffnung einer Kupferplatte mit
e eine Turmalinplatte, deren Axe einer der Seiten
, legte eine zweite ebenso vorgerichtete Kupfer-
er, verfertigte sich auf die nämliche Weise eine
e Platte, und brachte beide als Schirm in seinen
onnte aber keinen Unterschied wahrnehmen, wenn
er Turmaline einander parallel oder sich rechtwink-
nd waren, auch konnten sie sich, ohne irgend einen

Digitized by Google

Einfluſs zu äuſsern, in sonstigen Winkeln schneiden, folgerte also hieraus, daſs die irdischen Wärmestrahlen Turmalinplatten nicht polarisirbar seyen. Ein eigenthümliches Verhalten zeigten diese Strahlen dagegen, wenn sie durch eine diathermane Platte gegangen noch eine zweite durchdringen muſsten. Man nehme an, daſs die durch eine Platte Citronensäure fallenden Strahlen eine Ablenkung der Nadel um 10° bewirkten. Wurde dann eine Platte Alaun so gestellt, daſs die durch die Citronensäure gegangenen Strahlen diese durchdringen muſsten, ehe sie zur thermoelektrischen Säule gelangten, so ging die Magnetnadel nur um 3 bis 4° zurück. Statt der Alaunplatte konnten auch andere Substanzen gewählt werden, Melloni behielt aber diese bei, um die Strahlen vorher durch andere Platten als die Citronensäure fallen, und erhielt dann die in nachfolgender Tabelle angegebenen Werthe, indem die erste Columne die Schirme bezeichnet, durch welche 100 Strahlen auf die Alaunplatte fallen, die zweite aber diejenige Menge, welche von diesen durch die Alaunplatte drangen.

Schirme.	Strahlen
Kein Schirm	9
schwarzer Glimmer, undurchsichtig	2
grüner Turmalin	7
Steinsalz, klar	9
Steinsalz, schielend	9
Borax	11
Schwerspath	12
Adular	14
saures chromsaures Kali	14
weiſser Glimmer	15
Beryll	19
Aquamarin	19
Kalkspath	22
Perlachat	24
gelber Achat	24
Bergkrystall	25
Spiegelglas	27
gelber Bernstein	30
kohlensaures Ammoniak	31
Gummi	45
Gyps	72
weinsaures Kalinatron	80
Citronensäure	85
Alaun	90

Digitized by Google

ähnlichkeit, welche sich hiernach zwischen den Wär-
len und Lichtstrahlen herausstellt, insofern Wärme-
, die bereits durch ein absorbirendes Medium gedrungen
in einem zweiten mehr oder weniger verlieren, bezieht
ht sowohl auf die Polarisation, als vielmehr auf die
haft, dafs Lichtstrahlen, die durch farbige Medien ge-
sind, andere gleichfarbige leichter durchdringen, als
gefärbte. Melloni gebraucht hierfür den ihm von
angegebenen Ausdruck *Diathermansie*, insofern Ci-
re, Gyps u. s. w. eine dem Alaum sehr ähnliche,
, Borax u. s. w. aber eine sehr verschiedene Diather-
besitzen.

) Melloni brachte nochmals die Frage zur Untersu-
ob die Farbe des Glases einen Einfluſs auf die Diather-
be, und erhielt aus seinen Versuchen mit gefärbten
n, sämmtlich 1,85 Millim. dick, folgende unter A
ne, von 100 durchgelassene Strahlen; drangen aber 100
durch die nämlichen gefärbten Gläser und dann durch
nplatte, so liefs letztere die unter B angegebenen hin-

Gefärbte Gläser	A	B
weifses Glas	40	27
dunkelrothes Glas	33	27
orangefarbenes Glas	29	27
lebhaft gelbes Glas	22	27
apfelgrünes Glas	25	5
mineralgrünes Glas	23	3
blaues Glas	21	27
indigofarbiges Glas	12	27
violettes Glas	34	27
schwarzes, undurchsichtiges Glas	17	1

geht hervor, dafs jede Färbung des Glases seine Dia-
schwächt, eine bestimmte Reihenfolge aber, wie die
nde Wärme in den farbigen Strahlen des Spectrums,
icht statt; die Diathermansie wird, mit Ausnahme
en und schwarzen Färbung, durch die Farben nicht
rt, sondern ist der beim ungefärbten Glase gleich, wo-
ch zu bemerken, dafs der Alaun für sich bei gleicher

Digitized by Google

Dicke der Platte von 100 Strahlen nur 9 durchliefs, alle gefärbte Gläser, mit Ausnahme der grünen und des zen, die Wärmestrahlen so modificirten, dafs von ihn dreimal so viel durch die Alaunplatte drangen. W mentlich das grüne, mit Kupfer gefärbte Glas hiervon e nahme macht, ist allerdings schwer zu entziffern.

321) Das angegebene Verfahren läfst sich auch u wenn man, anstatt die Wärmestrahlen erst durch die diathermanen Substanzen und dann durch die Alaunpla zu lassen, sie vielmehr zuerst durch die Alaunplatte durch sonstige diathermane Substanzen dringen lafst. aber statt der Alaunplatte auch Platten von jeder and stanz wählen kann, so giebt dieses eine ausnehmen Menge von Combinationen. Melloni hat seine Ver auf fünf Substanzen ausgedehnt und die erhaltenen in einer Tabelle neben einander gestellt. In dieser s ersten Columne diejenigen Substanzen genannt, wel schen die Alaunplatte oder eine Platte aus den a Substanzen und die thermoelektrische Säule gestell und auf welche jederzeit 100 Wärmestrahlen aus der befindlichen, der Wärmequelle zugewandten Platte den folgenden Columnen sind aber die Mengen von strahlen genannt, welche sie von diesen 100 Strahlen lassen, die aus einem der vor ihnen befindlichen diath Schirme auf sie fallen, und zwar

in Columne A, wenn der Schirm eine Alaunplatte von 2,6 M
— — G, — — — — Gypsplatte — 2,6 —
— — K, — — — — Platte von chroms. Kali — 2,6 —
— — gG, — — — — grüne Glasplatte — 1,85 —
— — sG, — — — — schwarze Glasplatte — — —

Platten[1].	A	G	K	gG	sG
Steinsalz	92	92	92	92	92
Flufsspath	90	91	88	90	91
Beryll	80	91	66	76	57
Kalkspath	91	89	56	59	55
Glas, 0,5 Millim. dick	90	85	68	87	80
Glas, 8 Millim. dick	90	82	47	56	45
Bergkrystall	91	85	52	78	54
saures, chroms. Kali	57	53	71	28	24
Schwerspath	36	47	25	60	57
weifser Achat	70	78	30	43	17
Adular	23	58	43	50	23
Bernstein	65	61	20	13	8
Glimmer, schwarzer, opaker, 0,9 Millim. dick	0,4	12	16	38	43
Achat, gelber	57	64	24	35	14
Aquamarin	60	57	26	20	21
Borax	23	33	23	30	24
Turmalin, grüner	1	10	14	24	30
Gummi, gemeines	61	52	12	6	4
Gyps	59	54	22	9	15
Gyps, 12 Millim. dick	56	45	17	5	0,4
Ammoniak, kohlensaures	44	34	11	6	5
Citronensäure	88	52	16	3	2
weinsaures Kalinatron	85	60	15	2	1
Alaun	90	47	15	0,5	0,3
weifses Glas[2]	90	83	50	67	55
violettes Glas	76	72	42	56	47
rothes Glas	74	69	41	54	45
orangefarbenes Glas	65	58	36	48	39
apfelgrünes Glas	3	20	22	55	50
mineralgrünes Glas	1	15	19	52	58
gelbes Glas	49	46	27	35	30
blaues Glas	47	42	26	34	29
schwarzes undurchsichtiges Glas	0,5	18	11	42	52
indigofarbiges Glas	27	26	14	20	17

---

[1] ie Dicke derselben betrug bei allen 2,6 Millim. Ausnahmen ind besonders angegeben worden.

[2] ie Dicke dieses und der folgenden Gläser betrug 1,85 Mil-

Melloni zeigt an einigen Beispielen, dafs die Stel
Platten auf den Durchgang der Wärmestrahlen keinen
hat, indem sich dasselbe Verhältnifs zeigt, wenn die n
Platten sich abwechselnd in der vorderen oder hinter
befinden. Nimmt man z. B. Alaun und chromsaures
lassen diese für sich von 100 Wärmestrahlen 9 und 3
Sollen sie daher 100 Strahlen durchlassen, so hätte
Proportionen:

$$9:100=100:x \text{ und}$$
$$34:100=100:x,$$

welches 1111 für Alaun und 294 für chromsaures K
Wenn aber das chromsaure Kali von Alaun 100 Stra
pfängt, so lafst es 57 durch, und wenn der Alaun vo
sauren Kali 100 empfängt, so lafst er 15 durch, be
Angabe der Tabelle. Es ist aber wirklich

$$57:15 = 1111:294,$$

woraus der angegebene Satz folgt. Dagegen zeigen
Körper ungleich diatherman für die bereits durch ein
Körper durchgegangenen und die unmittelbar auf sie
Strahlen. So sind Glas, Kalkspath und Bergkrystall
maner für die durch alle fünf in der Tabelle enthalte
per durchgefallenen Strahlen, als für die, welche von
mequelle unmittelbar ausgehn, Citronensäure und w
Kali aber sind für die durch Alaun und Gyps ge
Strahlen permeabeler, für die durch grünes und schw
gedrungenen dagegen weniger permeabel, als für die
Warmequelle selbst kommenden. Undurchsichtiger
und Turmalin wirken im entgegengesetzten Sinne u
haupt findet in dieser Beziehung kein allgemeines Ge
weswegen es um so merkwürdiger ist, dafs das Stein
nem dieser Wechsel unterliegt, indem es stets die
Menge von Warmestrahlen durchlafst, sie mögen von
mequelle unmittelbar ausgegangen seyn oder bereits and
per durchdrungen haben. Die durch Alaun durchge
Strahlen haben die Eigenschaft erhalten, dafs sie alle
Körper in grofser Menge durchdringen, durch farbige
absorbirt werden, die durch grünes und schwarzes Gla
genen dagegen haben gerade die entgegengesetzte Eig
indem sie opake Körper leicht durchdringen, von durch

Digitized by Google

stark absorbirt werden; erstere gleichen daher mehr den
ler Sonne ausgehenden, letztere mehr den von dunklen
sequellen ausgehenden Wärmestrahlen. Um diesen Un-
ied der Wärmestrahlen noch weiter zu prüfen, liefs Mel-
Sonnenstrahlen durch eine mit grünem Glase bedeckte
ung in ein dunkles Zimmer auf die geschwärzte Kugel
Differentialthermometers fallen. Die Flüssigkeit sank
die entbundene Wärme sogleich bedeutend, kehrte nur
zurück, als dicht bei der Oeffnung eine klare Glasplatte
schoben wurde, aber sehr merklich, als statt ihrer eine
platte diente. Die rückgängige Bewegung der Flüssigkeit
bemerkbarer, als die dünne Glasplatte weggenommen
tatt ihrer eine dickere hingehalten ward, sobald aber eine
Steinsalz an deren Stelle kam, sank die Flüssigkeit au-
icklich zu ihrer vorigen Tiefe. Melloni folgert hieraus,
im Sonnenlichte eben solche verschiedene Wärmestrahlen
cht sind, als in dem von irdischen leuchtenden Körpern
henden. Hiernach giebt es nur einen einzigen diaphanen
rblosen Körper, welcher auf Licht- und Wärmestrahlen
eiche Weise einwirkt, alle übrige lassen Licht von jeg-
Art ohne Unterschied durchgehn, absorbiren aber ge-
Wärmestrahlen und lassen andere durchgehn. Dieses ist
igenschaft, welche Melloni durch den Ausdruck: *Dia-*
nasie bezeichnet, eine Art von Färbung für Wärmestrah-
insofern sie auf die verschiedenen Arten der Wärmestrah-
auf ähnliche Art wirken, als farbige diaphane Körper
e verschieden gefärbten Lichtstrahlen. Gewöhnliche Lin-
nd Prismen von Glas können daher nur einen gewissen
der strahlenden Wärme brechen, denn das Glas absorbirt
der aus leuchtenden Wärmequellen abstammenden Strah-
ld absorbirt fast die Gesammtheit der dunklen Wärme-
n.

22) Melloni hat noch eine Eigenthümlichkeit der durch
rmane Körper durchgegangenen Wärmestrahlen weiter ver-
die zuerst durch Baden Powell[1] aufgefunden wurde.
liefs die Strahlen einer Argand'schen Lampe und ei-

[1] Report of the first and second Meetings cet. p. 274. Poggen-
Ann. XXI. 316. London and Edinburgh Phil. Mag. N. XLII.

nes rothglühenden Eisens aus gleichen Entfernungen auf *schwarz* und eine *weifs* gefärbte Kugel zweier empfin Thermometer fallen und erhielt für das glühende Eise Verhältnifs 100:78, für die Argand'sche Lampe aber 10 als er aber eine Glasplatte dazwischen schob, wurden diese hältnisse in 100:50 und 100:57 verwandelt. Melloni d diese Versuche noch auf verschiedene andere Glassorten und bediente sich dazu seines Thermomultiplicators, d eine Fläche er mit Kienrufs, die andere mit Bleiweifs, vermittelst Gummiwassers, überzog. Dieser Apparat gew den Vortheil, dafs er sich umdrehn liefs, um die eine un andere Seite in gleicher Entfernung der Wärmequelle, un der von ihm gebrauchten Lampe ohne Schirm, entgegenza ten, auch wurde dadurch die bei Thermometern so leicht findende Ungleichheit derselben unter einander vermieden. dann die Menge der durch die verschiedenen Körper dr den und von der schwarzen Fläche aufgenommenen W strahlen durch 100 ausgedrückt, so betrug die Menge de der weifsen aufgenommenen, nach der Wirkung auf di gnetnadel:

Zwischengebrachte Schirme.	Strahlen
Lampe ohne Schirm	80,5
Schirm von Steinsalz . . .	80,5
— — Alaun	42,9
— — farblosem Glase .	54,2
— — hellrothem Glase .	60,6
— — dunkelrothem Glase	77,8
— — hellgelbem Glase .	55,5
— — dunkelgelbem Glase	63,6
— — hellgrünem Glase .	67,4
— — dunkelgrünem Glase	70,5
— — hellblauem Glase .	61,0
— — dunkelblauem Glase	66,9
— — hellviolettem Glase	67,6
— — dunkelviolettem Glase	76,7
— — undurchsichtigem schwarzem Glase .	84,6

Die Alaunplatte absorbirt hiernach die meisten Strahlen, w eine weifse Fläche aufzunehmen vermag, oder welche in einzudringen vermögen, eine farblose mehr als alle gefärbte,

Digitized by Google

n letzteren die dunkleren weniger, als die helleren, ja durchsichtiges schwarzes Glas bewirkt sogar, dafs die Fläche mehr Strahlen aufnimmt, als ohne die Dazwiunft einer solchen Platte[1].

3) Hierher gehört dann auch der oben (§. 264 ff.) berwähnte Unterschied zwischen dem Emissionsvermögen m Absorptionsvermögen der Körper für Wärmestrahlen. sollte für die nämlichen Körper gleich seyn, allein die ten Versuche zeigten einen bedeutenden Unterschied, und blieb beständig bei Wiederholung derselben, wonach also sache nicht in Beobachtungsfehlern liegen kann. Die findet aber ihre Erklärung einfach darin, dafs man aufser tensität der Wärmestrahlen zugleich die Diathermansie bechtigen mufs. Man übersieht dieses sehr deutlich, wenn ahlenmengen beim Ausströmen mit den absorbirten und etztere bei Anwendung verschiedener Wärmequellen zugestellt werden, wie in folgender Tabelle, wo die Bungen L, P, K, W ihre vorige Bedeutung behalten.

Substanzen	Ausstrahlung	Absorption L	P	K	W
Kienrufs	100	100	100	100	100
Bleiweifs	100	53	56	89	100
Hausenblase	91	52	54	64	91
Tusch	85	96	95	87	85
Gummilack	72	43	47	70	72
blanke Metallfläche . . .	12	14	13	13	13

f hierbei nicht übersehn werden, dafs die Ausstrahlungsche mit einem metallenen Würfel, worin Wasser durch untergesetzte Weingeistlampe stets siedend blieb, angewurden, die emittirten Strahlen also der dunklen Wärme örten; die absorbirten dagegen entsprangen aus unter sich iedenen Wärmequellen. Aus den Resultaten ergiebt sich , dafs das Absorptionsvermögen der Oberflächen für Strah-

[1] Hierin dürfte zum Theil der Grund des oben (§. 310) erwähnersuches von Gaun liegen, wenn man berücksichtigt, dafs die fallenden Strahlen von der weifsen Hand aufgefangen wurden.

Digitized by Google

len, die aus ungleichen Wärmequellen kommen, merklich
schieden ist, dem Emissionsvermögen eben dieser Flächen
um so näher kommt, je weniger intensiv die Wärme ist,
die dunkle des siedenden Wassers endlich ihm völlig
kommt. Auf Metallflächen scheint die verschiedene An
Wärmestrahlen keinen Einfluss zu haben; auch ist bei
das Emissionsvermögen dem Absorptionsvermögen für alle
ten von Wärmestrahlen gleich. Dieses stimmt damit
dass Metallspiegel alle Arten Wärmestrahlen auf gleiche
reflectiren.

324) Aus der Eigenschaft des Steinsalzes wurde ober
folgert, dass sich dasselbe vorzugsweise zu Sammlungs
für Wärmestrahlen eigne; aus dem so eben Gesagten folg
dass metallene Hohlspiegel eine gleiche Wirkung haben.
aber zu einer Entscheidung der Frage zu gelangen, welch
beiden der Vorzug gebühre, müssen die reflectirenden
beider untersucht werden. Nimmt man die Aufgabe al
so folgt aus den bekannten Versuchen von Rumford
dern, dass die Grösse der *Reflexion* für Wärmestrahlen
die Beschaffenheit der Oberflächen bedingt werde, die
suchungen Melloni's geben aber die Mittel, sie in
Fällen zu bestimmen[1]. Fallen die Wärmestrahlen auf ein
thermane Platte mit parallelen Oberflächen, so erleiden
an der Vorderfläche eine gewisse Reflexion, dringen in da
nere, werden daselbst zum Theil absorbirt, gelangen zur
terfläche, erleiden daselbst eine theilweise Reflexion, und
dann, hierdurch verringert, in die Luft. In Steinsalz ist
ein Körper gegeben, welcher gar keine Wärme absorbirt,
der Verlust der durchgehenden Wärmestrahlen ist für
Dicke der Platten gleich und rührt somit blofs von der
flexion an den Flächen her. Da aber eine Steinsalzplatte
allen Bedingungen und für alle Arten von Wärmequellen
chen Verlust erzeugt, indem von 100 Strahlen nur 92,3
gelassen werden, so ist $1 - 0{,}923$, also 0,077 diejenige
welche von der vorderen und hinteren Fläche reflectirt
Zur Auffindung der Reflexionsgröfse in einem gegebenen
führt dann folgende Betrachtung. Es sey die Menge der
fallenden Strahlen der Einheit gleich, die Menge der von

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 212.

Digitized by Google

fläche reflectirten Strahlen = R, so ist die Menge der
genden Strahlen 1 — R und die von der Hinterfläche
rte = R (1 — R), weil eine Quantität Strahlen = 1 — R
ngelnder Absorption zur Hinterfläche gelangt. Beide
rt und zu der durchstrahlenden Menge addirt müssen der
t gleich seyn, welches giebt

$$R + R(1-R) + 0{,}923 = 1,$$

$$R = 1 \pm \sqrt{0{,}923} = 1 \pm 0{,}9607.$$

der Vorderfläche reflectirte Antheil ist also = 1 — 0,9607
93 und der von der Hinterfläche = 0,0377. Will man
h die Reflexion irgend einer andern Platte finden, so
an nur erwägen, dafs dicke Platten anderer Substan-
ensoviel Wärmestrahlen durchlassen, als wenig dickere
, Eine Glasplatte z. B. von 8 Millim. Dicke läfst
dich weniger Strahlen durchfallen, als eine andere von
llim. Dicke, und eine 0,5 Millim. dicke Schicht be-
daher keine bemerkbare Absorption der Strahlen, die
eine 8 Millim. dicke Platte durchdrungen haben.
man also diese dünne Platte für sich allein und
ie den durch die 8 Millim. dicke Platte gedrungenen
n aus, so wird ein Theil reflectirt und der ganze Rest
gelassen, wobei der verlorene Antheil ausschliefslich der
der beiden Reflexionen ist. Sorgfältige Versuche ergeben
ahe 0,923 für die durchgelassene Wärmemenge und es
also 0,077 durch Reflexion verloren, und dieses gilt nicht
ür Glas, sondern auch für andere Substanzen, wenn die
n Platten klar und gut polirt sind. Eben dieses Resultat
rhalten, wenn man die Strahlen erst durch eine dickere
irgend einer diathermanen Substanz und dann durch eine
Platte eines andern gleichfalls diathermanen Körpers
n lafst. Hiernach darf also angenommen werden, dafs
en senkrecht auf die Oberfläche diathermaner Körper fal-
Strahlen ungefähr 0,04 durch Reflexion verloren wer-

5) Um die *Reflexion von den Oberflächen athermaner*
r zu finden, beobachtet man zuerst den Durchgang der
estrahlen irgend einer Wärmequelle durch eine Stein-
atte beim senkrechten Einfall derselben auf die Fläche der

Platte und neigt sie dann gegen die Axe des Strahlenb... So lange der Winkel, welchen diese Axe mit dem E... lothe der Platte bildet, nicht gröfser als 30° bis 35° ist, ... die durchgelassene Menge keine merkliche Abnahme. M... also die Wärmestrahlen einer constanten Wärmequelle ... eine sehr dicke Glasplatte so fallen, dafs sie einen Win... 55° bis 60° mit der Fläche derselben bilden, lange ... flectirten Strahlen mit dem Thermomultiplicator auf und ... die gemessene Wärme a, setze dann, ohne etwas an ... richtung zu ändern, an die Stelle der Glasplatte die zu ... suchende Platte des athermanen Körpers und messe die ... Wärmemenge b, so hat man, da die Reflexion d... platte = 0,0393 ist, die Reflexion der athermanen ... $x = 0{,}0393 \times \frac{b}{a}$. Bei Bergkrystall und polirtem Mes... b = 35,63; a = 3,15; x = 0,44. Es verhalten sich ... durch eine Steinsalzlinse und einen Messingspiegel, ... gleichem Durchmesser, concentrirten Strahlen wie 0,... wenn beider Brennpuncte gleiche Entfernung haben, ... konischer messingner Schirm vor einer thermoelektrisch... wird also nur ungefähr $\frac{3}{5}$ so viele Wärmestrahlen co... als eine Steinsalzlinse von gleichem Durchmesser. Ver... man den Winkel, welchen die Axe der auffallenden W... strahlen mit der Fläche bildet, so ist die Wärmeannahme ... Reflexion beim Glase und beim Bergkrystall bedeute... Messing aber betrug sie kaum 0,04 bis 0,05, als diese ... von 80° auf 20° verringert wurde.

326) Endlich hat Melloni noch den bereits e... von Baden Powell[1] zuerst wahrgenommenen Einfl... zwischenkommenden Glasplatte auf das Absorptionsv... auch für verschiedene Oberflächen untersucht. Bei A... dung der Lampe schob er zwischen eine mit ver... nen Substanzen überzogene, vor der Säule befindliche ... platte und die Wärmequelle eine Glasscheibe und erhie... folgende Absorptionen, wobei wir zur leichteren Verg... die in der dritten Columne der vorigen Tabelle g... Werthe hier wiederholen.

1 Vergl. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XL. p. 256. X... p. 475. N. XLIV. p. 29. N. XLV. p. 109.

Digitized by Google

Oberflächen.	Ohne Glas	Mit Glas
Kienrufs	100	100
Bleiweifs	53	24
Hausenblase	52	45
Tusch	96	100
Gummilack	43	30
Metallfläche	14	17

werden die Mengen der absorbirten Strahlen durch schenbringen einer Glasscheibe bei der Metallfläche einem Ueberzuge von Tusch vermehrt, bei Kienrufs unverändert, bei allen übrigen aber wird sie ver-

Nachträglich sucht Melloni[1] noch die Aehnlichkeit den verschiedenen Wärmestrahlen und den ungleich Lichtstrahlen durch einige sinnreiche Versuche weiter den. Gäbe es nur einerlei Art Wärmestrahlen, so könnte erschied zwischen Diathermanie und Diathermansie n, oder vielmehr die letztere Eigenschaft könnte gar eine besondere existiren, alle Körper müfsten mehr ber diatherman, d. h. für jede Art von Wärmestrahlen e Weise mehr oder minder durchgängig seyn. Da ht der Fall ist, manche Körper vielmehr für gewisse namentlich die aus dunklen Wärmequellen entspringdiathermaner sind, als für andere, so mufs diese Emit einem eigenthümlichen Worte bezeichnet werden, LLONI den Ausdruck *Diathermansie* gewählt hat. Die Diathermansie diathermaner Körper mufs dann nothder ungleichen Beschaffenheit ihrer Molecüle oder der n derselben gegründet seyn, allein sie wäre dennoch gleichfalls statt findende ungleiche Beschaffenheit der hlen unmöglich, weil nur gewisse Strahlen durch genthümlicher Diathermansie begabten Körper leichter hn. Hierbei drängt sich unwillkürlich die Aehnit der verschiedenen Färbung diaphaner Körper von , indem durch diese allerdings Lichtstrahlen, aber hümlich gefärbte hindurchgehn, andere aber nicht,

t. rend. T. IX. p. 515. Poggendorff's Ann. XLVIII. 526. in Ann. de Chim. et Phys. T. LXXII. p. 40.

nach welcher Analogie dann der Ausdruck *farbige* [illegible] *strahlen* gewählt worden ist.

Dieses vorausgesetzt folgt aus den mitgetheilten [illegible] gen, dafs die Ursache der Diathermansie bis jetzt [illegible] unbekannt, die Eigenschaft selbst aber von den Körpe[illegible] sie zugehört, unzertrennbar ist, und dafs es zweitens einzige, von aller Diathermansie befreite Substanz gie[illegible] lich das Steinsalz. Alle Farbstoffe vermindern die Di[illegible] des Glases, ändern aber die Diathermansie nicht, [illegible] schwarzen[1] und gewisse grüne Farbstoffe. Da dies[illegible] aber dem Glase beigemischt sind, welches die wenig[illegible] ren Strahlen der Wärmequellen von niederer Tempe[illegible] fängt, so müfste man sie mit Steinsalz verbinden, un[illegible] sen, ob sie die Ursache der Veränderung sind, die das[illegible] verbundene Glas zeigt. Eine solche Verbindung ist [illegible] nicht bewerkstelligt worden und vielleicht unmöglich. [illegible] erreicht indefs etwas Aehnliches, indem er eine Plat[illegible] mit einer dünnen Lage Kienrufs überzieht[2], die [illegible] einen Körper giebt, welcher Strahlen aus Quellen [illegible] rer Temperatur in gröfserem Verhältnisse durchläfst, [illegible] len aus Quellen von höherer Temperatur, und ab[illegible] hung auf den Wärmedurchgang auf der nämlichen [illegible] als diejenigen Medien, welche blofs rothe und o[illegible] Strahlen durchlassen, in Beziehung auf Licht. Um [illegible] scheinung augenfälliger zu machen, nimmt er eine Sta[illegible] von etwa zwei bis drei Zoll Länge, theilt sie durch [illegible] in drei gleiche Theile, läfst den einen unverändert, [illegible] den andern eine Schicht eines diathermanen Körpers, [illegible] Blättchen schwarzen oder weifsen Glimmers, eine [illegible] senblase, Terpentin oder eine Glasplatte, und schwärzt [illegible]

---

1 Poggendorff bemerkt, dafs nach Seebeck [illegible] schwarz färbende Substanz aus Schwefelalkalien besteht, [illegible] den die angewandte Pottasche oder Soda verunreinigende [illegible] durch zugesetzte Kohle reducirt sind und zuerst gelb, [illegible] wandte höhere Hitze aber schwarz färben. S. Annalen [illegible]

2 Melloni erzeugt diesen Ueberzug vermittelst einer [illegible] me; viel leichter aber erhält man ihn durch einen angezo[illegible] von Kienholz oder etwas Terpentinöl auf Baumwolle, die [illegible] röhre fest gewickelt und mit Terpentinöl getränkt ist.

Digitized by Google

er Lampe. Nachdem alsdann die Stellungen ausge-
nd, in welchen die verschiedenen Wärmequellen eine
ablenkung der Nadel bewirken, läfst er die drei Ab-
n vor der thermoelektrischen Säule vorübergehn. Die
t dann stets die nämliche Menge Wärmestrahlen durch-
ie zweite läfst eine mit der Temperatur der Wärme-
chsende Menge Strahlen durch, die dritte aber umge-
bei höherer Temperatur abnehmende Menge. Dieses
gleicht also auffallend dem, wonach durch eine Reihe
ther weifser und gefärbter Gläser verschiedenfarbiges
ungleichen Mengen dringt. Sind Steinsalzplatten so
t, dafs sie sich völlig opak zeigen, so können sie,
n Wärmequellen ausgesetzt, nur dunkle Strahlen
n. Glas und Glimmer, beide schwarz und opak, kön-
htenden Wärmequellen ausgesetzt, gleichfalls nur
ahlen durchlassen. Dennoch aber läfst eine gewöhn-
platte ungefähr die Hälfte der durch Glimmer oder
Glas gedrungenen Strahlen durch, von denen aber,
geschwärztes Steinsalz gegangen sind, kaum einige
l, und es giebt sonach nicht blofs verschiedene Ar-
icht verbundener, sondern auch dunkler Wärmestrah-
könnte hieraus folgen, die Schwärzung thermoskopi-
rate verändere die Empfindlichkeit derselben, allein
behauptet, durch Erfahrung gefunden zu haben, dafs
nfschicht stets eine gleiche Menge Wärme durch-
welcher Beschaffenheit auch die Wärmequellen bei
tensität übrigens seyn mögen.

Wie schon bemerkt, war Forbes der Erste, welcher
che *Polarisation* der Wärmestrahlen nachwies, nach-
ad früher ein mit den Lichtstrahlen zusammenfal-
risches Verhalten derselben wahrgenommen, Mel-
eine Polarisation durch Turmalinplatten für nicht
d erklärt hatte. Forbes[1] machte die erste Reihe
uche im Anfange des Jahres 1835, die zweite ein

---

he Refraction and Polarisation of Heat. Edinburgh 1835.
arches on Heat. Edinb. 1836. gr. 4. Edinb. Phil. Trans.
gekürzt in Poggendorff's Ann. XXXV. 553. London and
Mag. N. XXXII. p. 134. N. XXXIII. p. 205. N. XXXIV.
XXV. p. 366. N. LXXVIII. p. 545.

Jahr später bekannt; von beiden Abhandlungen ver
wesentliche Inhalt hier mitgetheilt zu werden. Die
angewandte thermoelektrische Säule war so fein, daſs
zusammengelötheten Endenpaare nur 0,4 Quadrat
einnahmen, die Erwärmung wurde nie weiter gebrach
die Nadel 15°, höchstens 20° Abweichung zeigte,
Grade werden daher den Kräften proportional genomm
zugleich kleine Gröſsen mit Vermeidung der Parallaxe
messen, wurde vermittelst eines kleinen Fernrohrs
vor welchem eine Linse angebracht war, in deren
der bezügliche Theil der Scale befand, so daſs e
wurde, 0,1 eines Grades des von der Nadel durchlau
gens noch zu unterscheiden. Forbes wiederholte d
durch Melloni angegebenen Versuche und fand de
tigung. Am auffallendsten war ihm das Verhalten
salzes, und es gelang ihm ohne Schwierigkeit, mit ei
aus verfertigten Prisma das Maximum der Wärme i
spectrum aufzufinden. Auf gleiche Weise überzeu
daſs durch ein Prisma dieser Art auch die Strahlen
len Wärmequellen, selbst solchen, welche die Sie
Wassers nicht erreichen, gebrochen werden; inn
dann ihre Dispersion so gering, daſs es höchst schw
würde, das Maximum und die Abnahme der Wärm
Wärmespectrum[1] wahrzunehmen, was auch Me
zu erreichen vermochte. Dabei drängte sich die Fr
die der Brechung unterliegenden Wärmestrahlen
doppelte Brechung erleiden; aber leider fehlt dem
diese Kraft, und Doppelspath läſst zu wenig W
als daſs es leicht wäre, vermittelst desselben zu
genden Resultate zu gelangen.

329) Nachdem Forbes bei seinen ersten Ver
unzweideutige Beweise einer wirklich statt finden
tion der Wärmestrahlen erhalten und sich in der
der ausnehmend delicaten Apparate mehr geübt ha
die untersuchten Probleme abermals vor, um wo
schärfere Resultate zu erlangen. Eine Verbesserung
parates bestand darin, daſs er das Fernrohr, w

1 Dieser Ausdruck für die gebrochenen dunkeln W
dürfte wohl ohne Widerrede Eingang finden.

Digitized by Google

der von der Magnetnadel durchlaufenen Grade diente und
ngegebenen Linse versehn war, an einem Stativ befestigte,
age desselben unverrückt zu erhalten. Aufserdem ver-
ie Oeffnung der thermoelektrischen Säule mit einem
Reflector von 1,75 Z. Länge und 1,75 Z. Weite
rdern Oeffnung, um die mehr zerstreuten Strahlen auf
ten Löthstellen zu lenken. Vermittelst der von Mel-
egebenen Methode gelang es ihm, durch allerdings oft
te delicate Versuche eine genaue Reduction der abge-
rade des Thermomultiplicators auf wahre, unter sich
rade zu reduciren, wie sie in folgender Tabelle ent-
d:

beob-achtet	redu-cirt	beob-achtet	redu-cirt
2	2,1	12	13,0
4	4,2	14	15,5
6	6,3	16	17,8
8	8,6	18	20,0
10	10,8	20	22,4

der wählte er das gleichfalls von Melloni angege-
l, nicht sowohl diejenigen Grade abzulesen, auf denen
stationär blieb, als vielmehr diejenigen, auf welche
den ersten Impuls getrieben wurde. Gründe hierfür
l zuerst Zeit gespart wird, zweitens weil die längere
g der Wärme den Nullpunct der Säule verrückt und
ihren richtigen Gang leicht abändert, und weil end-
as der Einflufs der durchgelassenen Wärme oder der
Wärmestrahlung, wie man dieses nennt, dadurch
wird. Feine Versuche zeigten das Verhältnifs der
le Arten des Messens gefundenen Gröfsen.

Grade erste	Grade stationäre	Inten-sitäten	Grade erste	Grade stationäre	Inten-sitäten
1	1,2	1,20	12	13,20	14,40
2	2,3	2,35	14	15,30	16,90
4	4,5	4,65	16	17,40	19,35
6	6,7	7,10	18	19,45	21,75
8	8,9	9,60	20	21,50	24,30
10	11,1	12,05			

330) Wenn zwei dünne Turmalinplatten, welche mit ihrer Krystallisationsaxe geschnitten sind, so auf gelegt werden, dafs ihre Axen parallel laufen, so l eine beträchtliche Menge Licht durch, verschlucken alles, wenn ihre Axen sich durchkreuzen. Ob diese tion der Lichtstrahlen auch die Wärmestrahlen treffe, schon Melloni zu ermitteln, erhielt aber kein günst sultat, sofern er keinen Unterschied in der Menge der eine oder die andere Weise durchgelassenen Wärm wahrnehmen konnte, und ebendieses war auch der Fal ersten durch Forbes angestellten Versuchen; in der Fo als die so leicht möglichen Beobachtungsfehler noch m mieden wurden, gelang es Letzterem, allerdings einen schied aufzufinden. In 7 Versuchen fielen von 100 strahlen, welche die Turmalinplatten bei parallelen A einer gemeinen Lampe ohne Schirm durchliefsen, bei kreuzenden Axen nur 86; 83; 86; 83; 91; 82; 94 Mittel 86,4 von 100 durch. Ermuthigt durch diesen Erfolg ging er auch zur Anwendung anderer, namentli ler Wärmequellen über, allein es gelang ihm nicht, malinplatten anders als auf dünnes Glas geklebt an wodurch jedoch die meisten Wärmestrahlen am D gehindert werden, und da man aufserdem den Einfluf fachen Wärmedurchganges oder der Durchleitung (d därен Strahlung), im Gegensatze der Durchstrahlung, zu vermeiden im Stande ist, so war es ihm dadurch u bei der Anwendung dunkler, nur die Siedehitze des erreichender Wärme zu einem genügenden Resultate z gen. Es glückte ihm jedoch, mit zwei Platten A un zwei andern E und F folgende durch *Polarisation* Wärmeverluste bei der Anwendung der durch Mellon falls gebrauchten Wärmequellen zu beobachten.

Wärmequellen.	Verlust durch Polar A und B	E und
Argand'sche Lampe . . .	—	0.16
gemeine Lampe ohne Schirm	0,14	0.11
glühendes Platin	0,15	0.12
heifses Kupfer 400° C. . .	—	0.03

Digitized by Google

) Die von Melloni aufgefundene eigenthümliche *Dia-*
ie des grünen und schwarzen Glases läfst sich in Be-
auf das Grün (bei Schwarz ist es an sich unmöglich)
die Farbe der Lichtquelle übertragen, denn Forbes
Flamme des Alkohols roth durch salpetersauren Stron-
durch Kochsalz, grün durch Boraxsäure, blau mit-
rendung von absolutem Alkohol, und erhielt folgende
schiedene Schirme von 100 durchgelassene Wärme-

	Durchgelassene Strahlen		
der Flamme	Alaun	Glas	Steinsalz
. . . . .	11,0	26	85
. . . . .	11,5	28	87
. . . . .	11,0	26	84
. . . . .	10,0	30	83

schiede sind so gering, dafs sie innerhalb der Feh-
liegen und man daher der Farbe der Flamme den
nicht beilegen kann, den die Färbung der Medien be-
ie auch wohl zu erwarten war.

Auch die schwierige Aufgabe, die *Polarisation*
unter Wärmestrahlen auszumitteln, wufste Forbes
e Reihe sinnreich eingerichteter Versuche zu lösen.
wählte er Glimmerblättchen, und da die Polarisation an
flächen statt findet, dickere Massen aber viele Wärme
ken, es daher daran liegen mufste, sehr dünne Blätt-
erhalten, so spaltete er dieselben anfangs mit einem
nachher aber fand er, dafs Glimmerplatten, schnell in
ftes Feuer gehalten, durch die Ausdehnung der zwi-
n Lamellen eingeschlossenen Luft in sehr dünne Blätt-
spalten, deren man sich zu diesen Versuchen bedienen
ur gröfseren Bequemlichkeit befestigt man sie in dem
n Winkel von ungefähr 34° auf einem Bretchen, noch
einem hohlen hölzernen Cylinder, und da man zwei
haben mufs, so kann man die Cylinder, worin sie
geeignete Weise befestigt sind, so einrichten, dafs der
den andern gesteckt und beliebig durch alle Grade des
um seine Axe gedreht wird. Vorläufige Versuche er-

gaben dann, dafs mehr Wärmestrahlen durchfielen, wen
Flächen beider Blätter einander parallel waren, als wen
sich durchkreuzten, die nachher erhaltenen numerischen W
aber und die Art der Versuche zeigt folgende Uebersicht.

Argand'sche Lampe mit Schornstein und Reflector.

	Ablenkung.	Mittel.	Verhältnifs.
Parallel . . .	15°,60		
Kreuzend . .	4,20	— 15°,67	. . . 27:100
Parallel . . .	15,75		
Kreuzend . .	4,40	— 15,85	. . . 28:100
Parallel . . .	15,95		

Argand'sche Lampe ohne Reflector.

Parallel . . .	10°,40		
Kreuzend . .	3,00	— 10°,42	. . . 29:100
Parallel . . .	10,45		
Kreuzend . .	2,95	— 10,55	. . . 28:100
Parallel	10,65		

Glühendes Platinlöckchen.

Parallel . . .	11°,90		
Kreuzend . .	3,45	— 12°,42	. . . 28:100
Parallel . . .	12,95		
Kreuzend . . .	3,70	— 12,87	. . . 29:100
Parallel	12,80		

Dunkle Hitze vom Kupfer.

Parallel . . .	10°,55		
Kreuzend . .	4,05	— 10,57	. . . 38:100
Parallel . . .	10,60		
Kreuzend . . .	3,90	— 10,55	. . . 37:100
Parallel	10,50		

Im Mittel aus einer grofsen Zahl sorgfältiger Versuche
sich dann, dafs von den aus verschiedenen Quellen
den Wärmestrahlen folgende Mengen polarisirt werden.

Digitized by Google

Durch zwei Platten, I und K genannt.

Wärmequelle	Von 100 polarisirten Strahlen
and'sche Lampe	72 bis 74
iendes Platin	72
ses Kupfer 400° C.	63
leichen nach dem Durchgange durch Glas	72
cksilber in einem Gefäfse 210° C. heifs . .	48
ifs mit siedendem Wasser	44

Durch zwei Platten, G und H genannt.

and'sche Lampe	82
iendes Platin	70
ses Kupfer 400° C.	68
leichen nach dem Durchgange durch Glas	73
ifse mit siedendem Wasser	49

geht hervor, dafs die am stärksten wirkenden Platten
l nicht weniger als 0,82 der aus gewissen Wärme-
auffallenden Wärmestrahlen zu polarisiren vermögen;
r die Strahlen ungleicher Wärmequellen auch in un-
Menge polarisirt werden, ergab sich aus vielen man-
t abgeänderten Versuchen, die der Constatirung dieses
n Punctes gewidmet wurden. Uebrigens stimmt dieses
s Verhalten des Lichtes überein, denn so wie Strah-
niedrigeren Wärmequellen weniger brechbar und we-
olarisirbar sind, wird auch das weniger brechbare Licht
BEWSTER weniger durch Platten, auf die es in dem
en Winkel fällt, polarisirt. Dabei eignet sich Glimmer
weise zu Polarisationsversuchen, theils wegen seiner
chneten Diathermansie, theils weil er sich in so aus-
l dünnen Platten darstellen läfst. FORBES vermochte
uch eine Polarisation durch dünne Steinsalzplatten mit
n Oberflächen zu erhalten. Zwei Bündel, jedes aus
tten bestehend, also mit sechs Flächen, polarisirten un-
in Siebentel der Wärmestrahlen, welche in der paralle-
e durchgingen, wenn der Einfallswinkel derselben un-
55° betrug; waren aber alle 6 Platten in ein Bündel
und wurde dann zugleich eins der Glimmerblätt-
it angewandt, so wurde fast die Hälfte der Strahlen po-

333) Schon bei den zuerst bekannt gemachten Ver
reihen bemühte sich Forbes, eine Polarisation der W
strahlen durch *Reflexion* aufzufinden, was aufser andern
den auch deswegen sehr schwer ist, weil dabei die th
elektrische Säule bewegt werden mufs; es gelang ihm
zu unzweideutigen Resultaten zu gelangen. Hierdurch
thigt setzte er später die Versuche fort und bestimmte
das Reflexionsvermögen einiger Körper, wobei er für
Einfallswinkel von 45° folgende Reihe, vom stärksten
gend, erhielt: polirtes Spiegelmetall; mit der Hand ge
dünne Glimmerblättchen; durch Hitze gespaltene Glimm
chen; dicke Glimmerblätter; dünn überfirnifstes Steinsa
lirtes Steinsalz; Glas; Alaun. Letztere drei Substanz
Diathermansie so verschieden, hatten ein fast gleiches Ref
vermögen für Strahlen von erhitztem Kupfer; auch zei
sich bei den von glühendem Platin ausgehenden Wärme
wenig verschieden, aufser dafs Glas unverkennbar übe
und selbst über Steinsalz zu stehen kam. Im Allgemein
die Reflexion von metallischen Oberflächen ungefähr zw
dreimal stärker, als von Glimmerblättchen, die durch
gespalten sind, Glas, Alaun und Steinsalz reflectiren z
etwa den dritten oder vierten Theil so viel, als solche
merblättchen. Hiernach eignen sich die letzteren vorzu
zu Versuchen dieser Art, und es ist leicht zu ermessen,
die Versuche von Powell[1] und selbst die von Nobili
dem Thermomultiplicator mifslangen, weil Glas beina
schlechteste Reflector ist, aufserdem aber wenige S
durchläfst, viele dagegen absorbirt, wodurch der Eini
durch Ausstrahlung mitgetheilten Wärme gesteigert wird.

334) Die wesentlichen Theile des Apparates[2], mit
lassung mancher Hülfstheile, namentlich solcher, welch
dienten, jeden anderweitigen Einfluss der Wärmequelle a
Fig. Thermomultiplicator zu entfernen, sind in der Zeichnun
61. gestellt, wobei nur zu bemerken ist, dafs sich die reflect
Glimmerblättchen A B und C D auf massiven hölzernen
lagen in hohlen hölzernen Kästchen befinden. Die Fläch

1 Edinburgh Journ. of Sc. N. S. N. VI. p. 297. N. X. p.
2 Bibliothèque universelle. 1834. Sept.
3 Vergl. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLI. p. 349.

Digitized by Google

üt dem Horizonte einen Winkel von 56°, so dafs die
Winkel von 34° auffallenden Strahlen in verticaler
reflectirt werden. Die Axe des Thermomultiplicators
n in die Richtung der Linie FP gebracht, damit die
gerade auffallen, das untere Bret TU ist aber um den
" in horizontaler Ebene drehbar, um die reflectirenden
einander parallel oder in jedem Winkel gegen einander
zu stellen. Es ergab sich dann, dafs dunkle Wärme-
vollständiger polarisirt werden, als die von einer Ar-
en Lampe, während die von einem glühenden Platin-
sgehenden beide übertreffen. Bei einem der Versuche
n die reflectirenden Platten aus 10 oder 12 mit dem
gespaltenen Glimmerblättchen und die Reflexionsebene
recht auf den Hauptschnitt des Glimmers. Es wurden
n 100 Strahlen polarisirt:

Argand'sche Lampe ohne Reflector 55,
Kupfer bis 400° C. erhitzt 61,
glühender Platindraht . . . . . 65.

findet es wahrscheinlich, dafs der Einfallswinkel zu
ür die brechbareren Strahlen der Argand'schen Lampe
grofs für die minder brechbaren des erhitzten Kupfers,
n am geeignetsten für das heifse Kupfer war, woraus die
thheit der Wirkung erklärbar seyn würde.

15) Aus den bisher erörterten Erscheinungen geht die
chkeit zwischen dem Verhalten des Lichts und der Wär-
erkennbar hervor, und es mufste sich daher die Frage
igen, ob die Wärmestrahlen ebenso, wie die Lichtstrah-
einer doppelten Brechung unterliegen, mithin eine soge-
Depolarisation der ersteren wie der letzteren statt fin-
Um die vorliegende Aufgabe näher zu bestimmen, ist Fol-
zu bemerken. Wird das Licht durch Reflexion oder
tion polarisirt, und sind dann beide Platten, die polari-
und analysirende, der gewöhnlichen Polarisationsmaschi-
einem rechten Winkel gegen einander gerichtet, so wird
icht gänzlich verschluckt; man sieht ein ganz dunkles
nindestens sehr dunkles Feld. Wird in dieser Lage ein
nerblättchen zwischen die beiden Platten lothrecht auf den
irten Strahl gebracht, so verschwindet das Licht nicht
, aufser in den beiden Lagen, wenn der Hauptschnitt des

Digitized by Google

Glimmerblättchens parallel zur Polarisationsebene oder la
auf dieselbe ist; in allen andern Lagen gelangt Licht zum
Dieses gilt für alle Dicken des Glimmerblättchens, w
Licht von verschiedener Brechbarkeit verbunden ist; wo
men homogenes Licht würde bei gewissen Dicken i
Lage zum Auge gelangen, d. h. es würde nicht dep
werden. Um zu versuchen, ob ein gleiches Verhalten
Wärmestrahlen statt findet, müfste man ein Glimmerb
zwischen die polarisirende und analysirende Platte bring
ren Einfallsebenen einen rechten Winkel mit einander
nnd untersuchen, ob ein Unterschied des Erwärmens
det, wenn der Hauptschnitt des Glimmerblättchens par
Polarisationsebene ist oder einen Winkel von 45° damit
Bei der Anwendung zweier Glimmerbündel, E und F
von der bereits beschriebenen Art, deren Ebenen rech
auf einander gerichtet waren, gaben die Strahlen des
Kupfers, wenn der Hauptschnitt des zwischengebrachten
merblättchens mit der Polarisationsebene zusammenfiel
nen Winkel von 45° damit bildete (wobei im ersten F
Depolarisation ein Minimum, im zweiten ein Maximum
folgende Verhältnisse:

100:120; 100:110; 100:122; 100:125.

Die bereits genannten Polarisationsplatten C und D gab

100:118; 100:120; 100:120; 100:113.

Glühendes Platin giebt, wie bemerkt, vorzugsweise p
bare Strahlen, die dann auf gleiche Weise stark dep
werden. Hiermit zeigten sich unter den angegebenen
gungen folgende Verhaltnisse:

100:126; 100:138; 100:138.

Inzwischen ergab sich aus unzweideutigen Erscheinunge
besondere aus der momentan erfolgenden Bewegung der
nometernadel bei der Beobachtung derselben durch das
ner verbesserten Art montirte Fernrohr, wenn das in
larisirten Strahl gebrachte Glimmerblättchen um 45°
wurde, dafs selbst Wärmestrahlen von geringer T
depolarisirt wurden, ohne dafs die gleichzeitig vorhandene
menge irgend einen Einflufs äufserte. Eine Argand'sche
mit Glasschornstein wurde durch rothglühendes, also
gentlich leuchtendes, Platin übertroffen, die polarisirten

Digitized by Google

sen Kupfers wurden depolarisirt und ebenso auch die-
, welche von einem eisernen Gefäfse mit Quecksilber
° C. erhitzt ausströmten, wie nicht minder unverkenn-
nn die Hitze des letzteren bis 105° C. herabging, wor-
Versuch mit siedendem Wasser angestellt wurde und
lls gelang. Von 157 Versuchen, deren 92 mit unsicht-
Wärmestrahlen angestellt wurden, gab nur einer kein
: und einer ein negatives. Andere depolarisirende Kör-
wählen war allerdings von grofsem Interesse, allein
welcher gleichfalls in dünne Blätter spaltbar ist, ver-
t so viele Wärme, dafs sich nur bei der Anwendung
ihendem Platin schwache Wirkungen zeigten; unzwei-
dagegen war die depolarisirende Eigenschaft bei Turma-
then. Hieraus geht also hervor, dafs die Wärmestrah-
er *doppelten Brechung* fähig sind und dafs die zwei
in entgegengesetzten Ebenen polarisirt werden.

6) Durch das Gelingen dieser Versuche ermuthigt suchte
s auch das quantitative Verhältnifs der beiden, durch
te Brechung erhaltenen Wärmestrahlenbündel auszumit-
was im Grunde leichter ist und schärfere Messung ge-
, als bei den Lichtstrahlen. In Beziehung auf das Licht
bekanntlich folgende Gesetze statt. Wenn die beiden
a des Polarisationsapparats, die polarisirende und die ana-
nde, beide in der Polarisationsebene liegend einander pa-
sind, so gelangt alles polarisirte Licht zum Auge, sind
er um einen rechten Winkel gegen einander gerichtet
kreuzen sie sich), so verschwindet dasselbe. Bringt man
n in den polarisirten Strahl eine Krystallplatte, deren
inen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene bildet,
ht im ersten Falle, wenn die beiden polarisirenden Plat-
nander parallel sind, ein Theil des Lichtes verloren, im
m aber, wenn beide Platten sich kreuzen, wird ein glei-
Theil gewonnen, beide Male durch Depolarisation. Beide
en des Lichtes sind einander gleich und die Strahlen-
il correspondiren dem ordinären und extraordinären Bilde
nem analysirenden Prisma von Doppelspath. Nennen wir
: beide Intensitäten O^2 und E^2, die ganze Menge des po-
rten Lichtes aber oder den Werth von O^2, wenn beide
en einander parallel sind, F^2, in welchem Falle dann

Digitized by Google

$E^2 = 0$ ist, so mufs stets bei jeder Lage des depolarisa
Krystalls

$$O^2 + E^2 = F^2; \quad E^2 = F^2 - O^2; \quad O^2 = F^2 - E^2$$

seyn, indem durch Depolarisation für den einen gewonne
was für den andern verloren geht. Eine zahlreiche Ver
reihe zeigte, dafs ebendieses bei den Wärmestrahlen sta
det, wie folgende Uebersicht der bedeutendsten und gen
unter ihnen angiebt, worin E^2 die Zunahme des aufser
lichen, $F^2 - O$ die Abnahme des ordentlichen Strahlen
beides durch die depolarisirende Wirkung der in den p
ten Strahl gebrachten Krystallplatte bezeichnen.

Wärmequelle	Glimmerplatte	E^2 Zahl der Vergleichungen	E^2 Grade des Thermomult.	$F^2 -$ Zahl der Vergleichungen	$F^2 -$
Quecks. unter 200° C.	Nr. 2	5	0°,28	6	
Kupfer, ungefähr 400° C.	Nr. 1	4	0°,46	4	
	Nr. 1	4	0,35	4	
	Nr. 1	4	0,51	4	
	Nr. 1	4	0,59	5	
	Nr. 2	4	0,44	5	
	Nr. 2	7	0,75	7	
Mittel	—	27	0,517	29	
glühendes Platin	Nr. 1	3	2°,12	3	
	Nr. 1	4	2,22	4	
	Nr. 1	4	2,01	5	
	Nr. 2	6	2,38	6	
Mittel	—	17	2,18	18	
Argand'sche Lampe mit Schornstein	Nr. 1	4	0°,97	4	
	Nr. 2	4	1,90	4	
Mittel	—	8	1,43	8	

Diese Resultate stimmen so genau überein, als man von
suchen dieser Art erwarten darf, und zeigen, dafs zw
den ordinären und extraordinären Bündeln doppelt gebro
Wärmestrahlen ein gleiches Verhältnifs obwaltet, als be
Lichtstrahlen unter gleichen Bedingungen.

Für die Lichtstrahlen giebt Fresnel folgende Formel

$$O^2 = F^2 \left\{ 1 - \text{Sin.}^2 2i \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right) \right\},$$

$$E^2 = F^2 \left\{ \text{Sin.}^2 2i \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right) \right\},$$

den Winkel zwischen der Polarisationsebene und der
s in den Strahl gebrachten depolarisirenden Krystall-
ns, o — e den Unterschied der Verzögerungen des or-
en und aufserordentlichen Strahlenbündels im depola-
n Krystalle und λ die Länge einer Undulation be-
t.

7) Durch die Wichtigkeit der Resultate, wozu diese
tungen führen, wurde Forbes bewogen, diese Aufgabe
dritten Abhandlung[1] noch weiter zu verfolgen. Kennt
mlich die durch eine Platte von gegebener Dicke depo-
Menge von Licht oder bei statt findender unverkenn-
halogie die Menge der Wärme und zugleich die Länge
rmewellen, so läfst sich daraus die Verzögerung oder
cke der Doppelbrechung finden, umgekehrt aber, wenn
tere bekannt ist, vermag man die Länge der Wär-
en zu erhalten. Letzteres Problem ist bei weitem das
gere, und es war daher der Mühe wèrth, dasselbe unter
raussetzung zu lösen, dafs die Verzögerung der Wär-
len der für die Lichtstrahlen aufgefundenen gleich sey.
ist jedoch wohl zu berücksichtigen, dafs die Depolari-
bei gleicher Wellenlänge gleich seyn kann bei verschie-
Dicke der Glimmerblättchen und verschiedener Verzöge-
und zweitens, dafs alle Wärmequellen heterogene Strah-
ern, deren jeder seine eigene Wellenlänge haben kann,
gen also keine vollkommene Uebereinstimmung der durch
hrung erhaltenen Resultate mit der Formel zu erwarten
in welcher die Gleichheit der Wellenlänge λ angenom-
ird.

8) Dieses vorausgesetzt konnte die Gröfse o — e durch Auf-
g derjenigen Farbe aus der Reihe der Newton'schen Farben-

---

[1] Edinb. Philos. Trans. T. XIV., daraus in Poggendorff's Ann. 75. London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXX. p. 97. N. LXXXI.

ordnungen aufgefunden werden, welche die Blättchen wenn sie in den polarisirten Lichtstrahl gebracht wurd bei dann die Verzögerung dem doppelten Abstande zwei platten von einander gleich ist, zwischen denen die z Newton'sche Farbe entsteht. Zeigte z. B. ein Blatt polarisirten Lichtstrahle das Roth erster Ordnung der N schen Tafel, so wäre die Verzögerung o — e = 0,000 Forbes untersuchte 5 Glimmerblättchen auf die an Weise, und fand:

Farbe	Verzögerung lionteln ein
Nr. 1. Weifs ins Gelbliche fallend	12
Nr. 2. Tief blau	28
Nr. 3. Purpurblau	43
Nr. 4. Zwischen Roth und Orange . . .	36
Nr. 5. Nelkenroth	80

Die hieraus hervorgehenden relativen Dicken[1] wurden, nahme der ersten, annähernd durch Messungen mit e Troughton verfertigten Tasterzirkel bestätigt:

Nr. 1	zeigte	eine	Dicke	von	0,0026	Zoll
Nr. 2	—	—	—	—	0,0044	—
Nr. 3	—	—	—	—	0,0074	—
Nr. 4	—	—	—	—	0,0060	—
Nr. 5	—	—	—	—	0,0157	—

1 Newton's Messungen sind ausnehmend genau und durch wiederholte Prüfungen in neuester Zeit bestätigt word könnte also durch dieses Mittel die Dicke der Blätter sehr g den, wenn nur nicht die Schwierigkeit im Wege stände, de lichen Farben, ob sie der ersten oder einer der folgenden zugehören, mit genügender Sicherheit zu bestimmen, wozu den Unterschied der Farben sehr geübtes Auge gehört. Mar dieses am besten, wovon mich der hier verstorbene Rocx üb Es giebt aber ein sehr gutes Hulfsmittel der Controle. Hat n Farben, etwa der ersten Ordnung, gefunden, so darf man Summe ihrer Dicken nehmen und nachsehen, welcher Farbe ein ren Ordnung diese zugehört, sie dann auf einander legen u suchen, ob sie die dieser Dicke zugehörige Farbe geben, in Falle beide Bestimmungen höchst wahrscheinlich richtig sind.

Digitized by Google

wählte für die in den polarisirten Strahl gebrachten
blättchen stets die Lage, dafs sie mit der Polarisations-
nen Winkel von 45° bildeten, mithin verwandelt sich
Frešnel angegebene Formel

$$E^2 = F^2 \left[\text{Sin.}^2 2i \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right) \right]$$

nfachere

$$E^2 = F^2 \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right)$$

mnach ist

$$E^2 = F^2 \, \text{Sin.}^2 180° \left(\frac{o - e}{\lambda} \right),$$

$$\frac{1}{i} = \text{Sin.}^2 180° \left(\frac{o - e}{\lambda} \right), \text{ und } O^2 = F^2 - E^2.$$

stellte zur Auffindung von $\frac{E^2}{F^2}$ verschiedene Versuche
ei er als Wärmequelle eine Argand'sche Lampe und
upfer[1] in Anwendung brachte. Da ferner die Glim-
hen Nr. 3 und 4 nahe dieselbe Dicke hatten, mithin
gleiche Weise depolarisirten, so wurde die vereinte
n Nr. 2 und 3 als Mittelglied zwischen Nr. 3 und 5
ben. Die polarisirende und die analysirende Platte bil-
durch I und K bezeichneten Bündel von Glimmerblätt-
uf diese Weise wurden die in folgenden Tabellen zu-
stellten Gröfsen gefunden.

---

[1] Melloni giebt an, bis etwa 390° oder 400° C. erhitztes Kupfer
zu haben; Forbes, welcher sich der nämlichen Wärmequelle
rollte, nennt diese später meistens Messing von etwa 700° F.
). Weil die Wärmequellen, wie beide Gelehrte sie in An-
richten, identisch seyn sollen, die Engländer aber zwischen
d Kupfer, wenn es darauf nicht wesentlich ankommt, nicht
unterscheiden pflegen, so habe ich die Bezeichnung Melloni's

1) Argand'sche Lampe; Glimmerblättchen N. 1.

Neigung der Platte K gegen Platte I	Neigung des Glimmer-blättchens	Grade der Magnet-nadel	Polarisation F^2	Dopp...
0°	0°	11°,90	8°,45	
90	0	3,45	....	+
90	45	8,80		
0	45	6,75	....	−
0	0	12,10		
90	0	3,75	8,35	
90	45	8,80	....	+
0	45	6,70	....	−
0	0	12,05		
90	0	3,70	8,35	
		Mittel	8,38	

2) Heifses Kupfer; Glimmerblättchen N.

0	0	5°,25	3°,25[1]	
90	0	2,00	....	+
90	45	5,75		
0	45	2,15	....	−
0	0	5,95		
90	0	1,95	4,00	
90	45	5,75	....	+
0	45	2,60	....	−
0	0	5,90		
90	0	1,95	3,95	
90	45	5,65	....	+
0	45	2,30	....	−
0	0	5,80		
90	0	1,80	4,00	
		Mittel	3,98	

1 Die Lampe unter dem Kupfer war eben angezünd... Gröfse scheint daher zu klein, weswegen sie im Mittel weg...

Digitized by Google

9) Werden die hier gefundenen mittleren Werthe für
chung

$$\frac{E^2}{F^2} = \text{Sin.}^2\, 180° \frac{o - e}{\lambda}$$

und nimmt man also:

$$\frac{o - e}{\lambda} = \frac{\text{Arc.}\left(\text{Sin.} = \sqrt{\frac{E^2}{F^2}}\right)}{180°},$$

Wurzelgröfse ein doppeltes Zeichen erhält, so geschieht
chung Genüge, wenn $\frac{o - e}{\lambda}$ gleich ist einem Bruche a
-a; 1 + a oder 2 − a; 2 + a oder 3 − a; 3 + a
Die mitgetheilte Tabelle giebt bei Anwendung der
chen Lampe

$$\frac{E^2}{F^2} = \frac{5,27}{8,38} = 0,629; \quad \sqrt{\frac{E^2}{F^2}} = \pm 0,793,$$

$\frac{e}{\lambda}$ = 0,29 oder 0,71 oder 1,29 oder 1,71 u. s. w.

heifse Kupfer war

$$\frac{E^2}{F^2} = \frac{3,64}{3,98} = 0,915; \quad \sqrt{\frac{E^2}{F^2}} = \pm 0,957,$$

$\frac{e}{\lambda}$ = 0,41 oder 0,59 oder 1,41 oder 1,59 u. s. w.

e Werth von $\frac{o - e}{\lambda}$ mufs aber der seyn, welcher bei
endung mehrerer Platten gleichförmig mit ihrer Dicke
Die folgende Tabelle enthält die mit Platten von un-
Dicke gefundenen Gröfsen.

Digitized by Google

1) Argand'sche Lampe.

Depolarisirte Platte	$\frac{E^2}{F^2}$	Werthe von $\frac{e^2}{f^2}$
Nr. 1.	$\frac{2°,15}{7,38} = 0,291$	0,18; 0,82;
Nr. 1.	$\frac{1,91}{6,67} = 0,286$	
Nr. 2.	$\frac{5,65}{8,53} = 0,662$	0,30; 0,70;
Nr. 3.	$\frac{5,27}{8,38} = 0,629$	0,29; 0,71;
Nr. 2 und 3.	$\frac{2,07}{5,55} = 0,373$	0,21; 0,79;
Nr. 5.	$\frac{1,31}{4,38} = 0,299$	0,185; 0,815
Nr. 5.	$\frac{1,44}{4,83} = 0,298$	

2) Glühendes Platin.

Nr. 1.	$\frac{2°,00}{7,60} = 0,264$	0,17; 0,83
Nr. 1.	$\frac{1,90}{7,68} = 0,248$	0,165; 0,835
Nr. 2.	$\frac{4,66}{7,31} = 0,638$	0,30; 0,70
Nr. 3.	$\frac{5,02}{6,70} = 0,749$	0,335; 0,665
Nr. 4.	$\frac{5,63}{7,08} = 0,795$	0,35; 0,65
Nr. 2 und 3.	$\frac{1,48}{4,66} = 0,318$	0,19; 0,81
Nr. 5.	$\frac{1,35}{6,36} = 0,212$	0,15; 0,85

Digitized by Google

3) Heifses Kupfer.

1.	$\frac{1,94}{7,35} = 0,264$	0,17; 0,83; 1,17....
2.	$\frac{3,17}{4,18} = 0,764$	0,34; 0,66; 1,34....
3.	$\frac{3,64}{3,98} = 0,915$	0,41; 0,59; 1,41....
1 und 3.	$\frac{1,01}{3,38} = 0,299$	0,185; 0,815; 1,185....
5.	$\frac{0,62}{4,89} = 0,127$	0,115; 0,885; 1,115....

Forbes nimmt für jede Wärmequelle die Dicke der zu Abscissen, setzt darauf rechtwinklig die zugehö- rthe von $\frac{o-e}{\lambda}$ als Ordinaten, und zieht dann eine inie, welche die Endpuncte einer der drei zu jeder gehörenden Ordinaten schneidet oder ihnen am näch- mt, findet aber, dafs die auf diese Weise für die drei llen erhaltenen Interpolationslinien, welche die der r Platten proportionalen Werthe von $\frac{o-e}{\lambda}$ darstellen gleiche Winkel mit der Abscissenlinie bilden. Hieraus er, dafs man niemals hoffen dürfe, auf diesem Wege chen Wellenlängen dieser Wärmequellen zu bestim- λ entweder sehr wenig oder beständig proportional Veränderung von $o - e$ sich verändert. Alle drei llen geben sehr nahe denselben Werth für $\frac{o-e}{\lambda}$, näm- für ein 0,02 Zoll und 0,07 für ein 0,001 Zoll dickes lättchen, wogegen das verschiedenfarbige Licht merk- chiedene Werthe giebt. Vergleichen wir beide mit so ist die Summe der oben angegebenen Verzöge- den fünf Glimmerblättchen in Millionsteln eines Zolles $28 + 43 + 36 + 80 = 199$, also 0,000199 Zoll, die der Dicken dieser Blättchen = 0,0361 Zoll, folglich ist ere Werth der Verzögerung $o - e$ für eine Glimmer- on 0,001 Zoll $= \frac{0,000199 \times 0,001}{0,0361} = 0,0000055$. Es

ist aber λ für das äufserste Roth = 0,0000266 und f
äufserste Violett = 0,0000167, mithin sind die Wer
$\frac{o-e}{\lambda}$ für ein Glimmerblättchen von 0,001 Zoll Dicke

beim äufsersten rothen Lichte = $\frac{55}{266}$ = 0,20

beim äufsersten violetten Lichte = $\frac{55}{167}$ = 0,32

bei den Wärmestrahlen — — — = 0,0

Unter der Voraussetzung also, dafs die Verzögerung
alle Wellenlängen sowohl beim Lichte als auch bei der
gleich sey, ergiebt sich hieraus der Werth von λ

Länge der Wärmewellen. Es ist nämlich $\frac{o-e}{\lambda}$ = 0,

wenn also o — e = 0,0000055 angenommen wird, so

$$\lambda = \frac{o-e}{0,07} = \frac{0,00055}{7} = 0,000079 \text{ Zoll},$$

was ungefähr dreimal so lang, als eine Welle de
Lichtes, und ungefähr 4½mal so lang, als die de
ten Lichtes ist. Dieses Resultat würde das nämli
ben, wenn in dem Verhältnifs $\frac{o-e}{\lambda}$ die Verzögerung
veränderlich wäre und nicht bleibend, wie angenommen w
Wäre aber nicht λ gröfser, sondern o — e kleiner
Wärme als beim Lichte, so müfste die Doppelbrechun
cher seyn, also eine gröfsere Dicke des Glimmerblätt
fordert werden, um einen gegebenen Effect hervorzubr

Wir haben diese gehaltreichen Untersuchungen in
gen Ausführlichkeit mitgetheilt, welche die Wichtigke
ben erfordert, besonders wenn man berücksichtigt, daf
ein Weg betreten worden ist, welcher eine endliche
Aufklärung der bisher so dunklen Wärmelehre hof
Minder nothwendig scheint uns eine gleiche Ausführl
der Mittheilung der fortgesetzten Untersuchungen de
thätigen als scharfsinnigen englischen Physikers zu sey
möge daher eine kurze Angabe der wesentlichsten au
nen Resultate genügen.

341) Eine zu den wichtigsten gehörende Reihe v
suchen war der Aufgabe gewidmet, die *Brechungs*

gleicher *Wärmestrahlen* aufzufinden, wozu aus ange-
Gründen Prismen aus Steinsalz sich vorzugsweise eig-
Wie oben (§. 318) erwähnt wurde, versuchte bereits
dieses Problem mittelst eines Thermomultiplicators zu
elcher aus einer einzigen Reihe in verticaler Linie
nder liegender, thermoelektrischer Elemente bestand,
ch hiermit zum gewünschten Ziele zu gelangen. For-
rarf diesen Apparat und bediente sich eines andern,
o eingerichtet war, dafs die Brechungswinkel aus den
bestimmt wurden, bei denen die Brechung in Zu-
lung übergeht. Welche Vorrichtung die bessere sey,
hl erst durch fortgesetzte Prüfungen zu ermitteln seyn;
Hand scheint es, als habe der französische Gelehrte
iche Beharrlichkeit bei den allerdings sehr feinen Ver-
ewiesen, als der englische, dessen erlangte Resultate
keineswegs vollkommen befriedigen. Inzwischen sind
erungen, die er aus allen seinen Untersuchungen ab-
ir die Wärmelehre von höchster Wichtigkeit[1]. Hier-
die mittlere Brechbarkeit der Strahlen verschiedener
uellen sehr wenig, bei den Versuchen kaum oder gar
ahrnehmbar, verschieden, und beträgt beim Steinsalz
1,54, also nur wenig verschieden von der des Lichts,
beim Steinsalz für die äufsersten Strahlen zu 1,54 und
genommen wird. Eingeschaltete Substanzen wirken da-
lesto stärker und dienen nach den bis jetzt bekannten
en im Allgemeinen dazu, die Brechbarkeit zu ver-
. Zugleich scheinen die dunklen Wärmestrahlen ho-
zu seyn, als die leuchtenden. Aus der Gesammtheit
Untersuchungen entnimmt Forbes einige sehr wichtige
gen: 1) Die Ungleichheit der Polarisirbarkeit der Wär-
en, wie sie bei den Lichtstrahlen nicht angetroffen
neben dem geringen Unterschiede ihrer Brechbarkeit,
s höchst wahrscheinlich, dafs für die Wärme eine in
r Beziehung andere mechanische Theorie aufgesucht wer-
sse, als für das Licht. 2) Ebendieses folgt aus den
nungen der Depolarisation, welche denen des Lichts
m Wesen nach ähnlich sind, numerisch aber bedeutend
en abweichen. In dieser Beziehung mufs nach den eben

[1] Poggendorff's Ann. XLV. 442.

Digitized by Google

mitgetheilten Resultaten angenommen werden, entweder dafs Wärmewellen mehrmal länger sind, als die des Lichtes, dafs die Geschwindigkeit der ordentlichen und aufserordentlichen Strahlen in doppelt brechenden Krystallen gänzlich verschieden sey, oder endlich dafs beides gleich statt finde. Forbes giebt der zweiten dieser Hypothesen den Vorzug, da die Versuche über die Brechungsverhältnisse zu zeigen scheinen, dafs die mittlere Länge der Wärmewellen der Länge der Lichtwellen nicht bedeutend abweiche. Es scheint dieses auch daraus hervorzugehn, dafs die Gleichheit der Depolarisation und der Brechbarkeit der Strahlen verschiedenen Wärmequellen höchst unwahrscheinlich wäre, wenn die Wellenlänge in diesen Fällen bedeutend verschieden wäre.

342) Wie oben (§. 319) erwähnt wurde, fand Melloni die Polarisation der Wärmestrahlen durch Turmalinplatten anfangs nicht; als dieses aber durch Forbes in so vollkommener Weise geschehn war, nahm er in Verbindung mit Berard einen so bedeutenden Antheil an seinen früheren Versuchen, dafs das Problem wieder auf und gelangte zu einer vollständigen Lösung desselben[1]. Um die Messungen noch zu verfeinern, legte er unter die mit der Kreistheilung versehene Scheibe der nicht absolut astatischen Doppelnadel eine Kupferscheibe, welche die Oscillationen derselben vermindert und das schnellere Einstellen auf 0 beförderte, aufserdem bedeckte er die thermoelektrische Säule mit einem umgestülpten auf Baumwolle ruhenden Kasten, weil die Luftströmungen einen merkbaren Einfluss auf sie äufserten. Eine Oeffnung, worin Blendungen verschiedener Gröfse eingesetzt wurden, stattete den Wärmestrahlen den Zugang zur Säule, während die Luft im Kasten unbewegt blieb und also gleichmäfsig beide Enden der Säule wirkte. Zum Ueberfluss bestimmte er aufserdem vorläufig den durch Becquerel[2] aufgefundenen, daher früher auch von ihm als richtig angenommenen

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 1. XL. 18. 257. Ann. de Chim. et Phys. T. LXI. p. 375. T. LXV. p. 5. Ueber die Einrichtung der Versuche mit Turmalinplatten vergl. Bibl. univ. 1835. p. 87. Institut 1835. N. 142. Poggendorff's Ann. XXXVII. 213. 494.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXI. p. 375. Poggendorff's Ann. IX. 545.

Digitized by Google

Ablenkungen der Nadel den Wärmegraden proportional
rch eigene Versuche, die durch Vergleichung der ther-
ischen Säule mit einem Luftthermometer zeigten, dafs
z für alle Arten der Wärmeerregung, also auch für
e Wärme richtig sey. Uebrigens dienten ihm dieses-
ersten, durch den anfänglichen Einflufs der Wärme
Ablenkungen der Nadel, die er durch den Ausdruck
nebogen bezeichnet, als Mafs der Wärme, weil sie in
bis 12 Secunden erfolgen, statt dafs der stationäre
der Nadel 90 bis 100 Secunden erfordert und wäh-
ser längeren Zeit der Zustand der Wärmequelle sich
ann. Endlich suchte er die Schwierigkeiten, welche
maline erzeugen, indem sie so viele Wärmestrahlen
, dadurch selbst erwärmt werden und daher der
d Wärmequelle sehr nahe gerückt werden müfsten, um
ügende Menge Wärmestrahlen durchzulassen, dann aber
aufgenommenen Wärme an die Säule abgeben und
Weise die Resultate fehlerhaft machen könnten, da-
u umgehen, dafs er die Wärmestrahlen durch einen
parallel machte, sie dann durch eine Steinsalzlinse
irte, in deren Brennpuncte sich das Glimmerblättchen
die von hier an divergirenden Strahlen abermals durch eine
linse von kürzerer Brennweite parallel machte und so
ermomultiplicator leitete. Die Glimmerblättchen wur-
ht genau in den gemeinschaftlichen Brennpunct beider
sondern der Fläche der zweiten Linse etwas näher ge-
um die aus ihnen selbst in Folge ihrer Erwärmung
den secundären Wärmestrahlen divergirend und somit
Messung unschädlich zu machen. Die Zweckmäfsigkeit
Vorrichtung ergab sich, wenn die Glimmerblättchen ge-
t, dadurch die primitiven Strahlen aufgehoben, die se-
n aber verstärkt wurden und dennoch die Nadel nicht
. Die erste Linse hatte 2,5 Z. Durchmesser und 3 Z.
eite, die zweite nur 14 Lin. Durchmesser. Die Tur-
itten waren in zwei Diaphragmen von Kork gefafst
einer Büchse befestigt, vermittelst deren sich die eine
rehen und in diejenige Richtung der Hauptaxen beider
liefs, die man verlangte, wozu eine Bezeichnung der
ig ihrer Hauptaxen auf der Aufsenseite der Büchse

343) Melloni benutzte neun Paare von Turmalin die das Licht fast vollständig polarisirten, d. h. sämmtlich durchliefsen, wenn ihre Axen parallel waren, und fast gänzlich absorbirten, wenn diese sich durchkreuzten. Folgende Tafel zeigt die erhaltenen Resultate, worin die letzte Columne den Polarisationsindex in Hunderteln der beim Parallelismus der Axen durchgelassenen Wärmemengen angiebt. Als Wärmequelle diente die früher gebrauchte gemeine (Locatelli'sche) Lampe.

Nr.	Farbe der Turmalinblättchen	Wärmedurchlafs: parallele Axen Bogen	parallele Axen Kräfte	rechtwinklige Axen Bogen	rechtwinklige Axen Kräfte	Pol. ris.
1	dunkelgrün	30°,56	27,50	29°,78	26,48	3.
2	bläulichgrün . . .	29,81	26,51	28,22	24,60	7.
3	blaugrün	32,35	29,40	30,11	26,90	8.
4	gelblichgrün . . .	31,42	28,51	29,32	25,89	9.
5	gelblichgrün . . .	33,23	30,18	30,01	26,77	11.
6	gelbgrün	31,96	29,07	29,11	25,61	11.
7	röthlichbraun . . .	29,89	26,62	25,32	21,88	17.
8	schmuzig violett .	30,69	27,67	25,45	22,00	20.
9	fahlgelb	31,27	28,37	25,60	22,16	21.

Es verdient bemerkt zu werden, dafs der Impulsionsbogen, Mittel aus mehreren Beobachtungen, abwechselnd bei parallelen und sich kreuzenden Glimmerblättchen, genommen wurde, um die etwa vorkommenden Fehler auszumerzen, doch war der Apparat so fein construirt, dafs die Unterschiede derselben selten mehr als 0,02 betrugen. Die letzte Columne giebt den Polarisationsindex, d. h. den Wärmeantheil, welcher bei der Kreuzung der Platten verschwindet, bezogen auf die Menge, welche beim Parallelismus derselben durchfällt. So giebt die erste Platte bei parallelen Axen 27,5, bei rechtwinklig gestellten 26,48; der Unterschied 1,02 zeigt die durch Polarisation verlorene Menge. Um sie auf 100 zu reduciren, hat man

$$26{,}48 : 1{,}02 = 100 : x \text{ und } x = 3{,}71.$$

344) Melloni vermuthete, dafs die ungleiche Polarisation von der ungleichen Diathermansie der verschiedenen Turmalinplatten herrühre, und um dieses auszumitteln, befestigte er Platten verschiedener Substanzen vor demjenigen Turmalin Nr. 9, welches die meisten Strahlen durchliefs, und fand dafür, dafs die bei parallelen Axen durchfallende Wärme

t gleich war. Die folgende Tabelle enthält die gefun-
rößen.

geschaltete Platten	Dicke Mil-lim.	Durchgelassene Wärme: parallele Axen Bogen	parallele Axen Kräfte	durchkreuzende Axen Bogen	durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
. . . .	0,00	17°,37	15,06	13°,47	11,76	21,91
farblos . .	1,85	17,93	15,53	13,94	12,15	21,79
roth . . .	1,80	16,75	14,54	13,04	11,40	21,57
orange . .	1,87	17,21	14,93	13,31	11,66	21,90
gelb . . .	1,79	17,83	15,45	13,84	12,07	21,89
blau . . .	1,83	17,59	15,24	13,66	11,92	21,78
indigblau .	1,78	17,29	14,99	13,44	11,74	21,68
violett . .	1,81	16,81	14,59	13,02	11,39	21,82
bläulichgrün	0,74	16,99	14,74	15,95	13,86	5,95
desgl. . .	1,93	17,32	15,02	16,85	14,62	2,76
schwarz . .	0,81	17,55	15,21	16,76	14,55	4,35
desgl. . .	1,98	17,80	15,42	17,52	15,19	1,51
erspath . .	2,60	17,10	14,83	13,18	11,52	22,30
. . . .	2,71	16,95	14,71	10,54	9,18	37,63
l	8,49	16,97	14,72	10,40	9,05	38,50
s. Kalinatron	2,50	17,39	15,08	9,49	8,26	45,21
Salzlösung .	8,49	17,49	15,16	5,78	5,06	66,60
Alaun . . .	8,49	17,56	15,22	5,81	5,08	66,63
Weinsäure .	8,49	17,39	15,08	5,76	5,04	66,59
desgl. . . .	0,74	16,96	14,72	10,76	9,38	36,31
ser	8,49	16,77	14,55	5,54	4,85	66,67
sgl. . . .	0,74	17,20	14,92	10,91	9,50	36,27
stein . . .	3,08	17,23	14,94	8,35	7,29	51,23
. . . .	2,58	16,98	14,73	0,58	0,52	95,81

s geht aus den hier gefundenen Grössen hervor, dafs in der Einschaltung verschiedener Körper in den Strahlen- der Wärmestrahlen diese eine gewisse Modification er- vermöge welcher die Turmalinplatten von 100 Strah- lie sie bei parallelen Axen durchlassen, eine ungleiche bei durchkreuzenden Axen verschlucken, dafs also eine he Polarisation derselben statt findet. So wie also die iedenen diathermanen Körper vermöge ungleicher Dia- nsie eine ungleiche Menge Strahlen, aus heterogenen equellen entsprungen, durchlassen, aufserdem auch eine he Brechung derselben bedingen, disponiren sie auch die

Digitized by Google

Strahlen aus homogenen Quellen, ungleich polarisirt zu we
wozu man noch aufserdem das ungleiche Reflexionsver
der Oberflächen verschiedener Körper, ohne Rücksicht a
Diathermanie, setzen kann. Auch bei der Polarisation,
die Tabelle ergiebt, zeigt die Farbe des Glases, mit Aus
der grünen und schwarzen, keinen Einfluſs. Die vom
durchgelassenen Strahlen zeigten sich in den früher erw
Versuchen den Lichtstrahlen sehr ähnlich, sofern sie alle
lose diaphane Körper leicht durchdringen und von
Oberflächen wenig absorbirt werden; hier gewahrt m
nämliche Eigenschaft rücksichtlich ihres starken Polarisi
dens.

345) Dieses Verhalten des Alauns führt zur Erklär
ungleichen Polarisation verschiedener Turmalinblättchen,
Diathermansie gleichfalls verschieden ist. Hat daher d
geschaltete Schirm mit den Turmalinblättchen eine gleich
thermansie, und läfst er also dieselben Strahlen in dem
lichen Verhältnifs durchfallen, als diese Blättchen,
zwar die absolute Menge der durchfallenden Strahlen
der ungleichen Diathermansie dieser Schirme verändert,
die Polarisationen behalten dasselbe Verhältnifs bei. D
der Fall bei farblosem, rothem, orangefarbenem, gelbem,
indigfarbenem und violettem Glase; allein Wasser, Oel,
stein, Alaun, grünes und undurchsichtig schwarzes G
dern den Polarisationsindex beträchtlich, weil ihre D
mansie von der der Turmalinplatten beträchtlich ab
Nimmt man aber Turmalinplatten, die nicht mehr die n
Diathermansie haben, so werden die Veränderungen,
die eingeschalteten Schirme in den Werthen des Polaris
index erzeugen, nicht mehr dieselben und in der na
Ordnung folgende seyn. Dieses zeigt sich deutlich bei
folgender Tabelle verzeichneten, mit der Turmalinplatte
unter übrigens gleichen Bedingungen erhaltenen Gröfsen.

haltete Platten	Dicke Millim.	Durchgelassene Wärme: parallele Axen Bogen	parallele Axen Kräfte	durchkreuzende Axen Bogen	durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
. . . . .	0,00	17°,11	14,84	15°,15	13,15	11,35
grünes Glas	1,93	17,65	15,30	15,54	13,49	11,83
hwarzes Glas	1,98	17,10	14,83	15,06	13,05	11,94
ipath . . .	2,60	17,33	15,03	15,23	13,21	12,07
. . . . .	8,49	17,52	15,19	12,95	12,80	15,65.
. . . . .	2,71	17,76	15,39	12,74	12,63	17,91
s Glas . . .	1,85	17,27	15,08	16,24	14,11	6,46
dito . . .	8,27	17,81	15,43	17,05	14,79	4,17
othes . . .	1,80	17,49	15,16	16,32	14,17	6,53
rangefarbenes	1,87	16,91	14,67	15,77	13,69	6,70
elbes . . .	1,79	17,22	14,93	16,12	14,00	6,15
lanes . . .	1,83	16,87	14,64	15,81	13,73	6,20
ndigfarbiges .	1,78	16,98	14,73	15,86	13,78	6,44
iolettes . . .	1,81	17,30	15,00	16,20	14,06	6,29

6) Die Folgerungen aus den hier mitgetheilten Größen sich von selbst. Berücksichtigen wir unter diesen nah den Einfluss der Dicke der eingeschalteten Platten, so sich, dass der den Polarisationsindex vergrößernde oder dende Einfluss der Substanzen in dem Maße stärker ist, chem die Dicke wächst. Wasser z. B. erhöhet bei falmalinen, wenn seine Dicke 0,74 Millim. beträgt, den ationsindex von 22 auf 36, durch eine 8 Millim. dicke aber auf 67, eine schwarze Glasplatte dagegen, welche Index von 22 auf 4 bei einer Dicke von 0,81 Milherabbringt, vermindert ihn bis 1,5 bei 2 Millimeter

Dieses Verhalten stimmt genau mit dem des Lichtes , wenn dasselbe, je nach Beschaffenheit seiner Farbe, schiedenen diaphanen Körper durchdringt. Gesättigte gen von Weinsäure, Steinsalz und Alaun in Wasser änen Polarisationsindex des letzteren nicht merklich. Alaun teinsalz, im Wasser gelöset, obgleich beide Substanzen inimum und das Maximum der Diathermanie zeigen, ändas diathermane Verhalten des Wassers nicht merklich, den bemerkt wurde, und da sie auch den Polarisationsnur unmerklich ändern, so ersieht man hieraus, dass e, was in Beziehung auf diese Substanzen von der Quanilt, auch von der Qualität der Wärmestrahlen gültig ist.

Digitized by Google

Fängt man die Wärmestrahlen, welche durch gesättigte L
gen von Steinsalz oder Alaun oder durch reines Wasser
gen sind, nach einander mit der Säule auf, so erhält
gleichen Dicken stets sehr nahe die nämlichen Ablen
Dieselbe Unveränderlichkeit findet auch noch statt, wen
folgeweise hinter jede dieser Flüssigkeiten dieselbe Platte
oder jeder andern Substanz aufstellt, indem die gemeins
che Ablenkung stets um eine constante Gröfse sinkt.

347) Noch bleibt rücksichtlich der Polarisation durch
malinplatten der Einfluſs des Unterschiedes der Wärme
zu untersuchen. Zu diesem Ende wurden die Turmalin
paare Nr. 1; 5; 8; 9 den Strahlen der Argand'schen
der gemeinen (Locatelli'schen) Lampe, des glühenden
und des bis 400° C. erhitzten Kupfers ausgesetzt, die
folgenden Tabelle durch L; Lc; P; K bezeichnet sind.

	Polarisationsindex.			
Turmaline	L	Lc	P	K
Nr. 1 dunkelgrün .	0,37	3,71	5,27	0,59
Nr. 5 gelblichgrün .	5,33	11,30	13,89	3,22
Nr. 8 schmuzigviolett	24,50	20,48	17,20	2,30
Nr. 9 fahlgelb	20,21	21,89	18,16	2,98

Im Ganzen wächst die Polarisation durch Turmaline
Intensität der Wärmequelle; rücksichtlich der versch
Turmaline und der gleichfalls verschiedenen Wärmequel
ten aber bedeutende Unterschiede hervor. Einige Stra
leiden nur eine geringe Polarisation, ja sogar eine so sch
dafs sie ganz problematisch bleibt, andere geben deut
Spuren, und noch andere werden vollständig, wie die
strahlen, polarisirt. Die grünen Turmaline namentlich
biren die polarisirbaren Wärmestrahlen fast gänzlich od
andere, namentlich die violetten und gelben Turmaline,
die polarisirbaren Strahlen in Menge durch, woraus
ein bedeutender Unterschied zwischen den Licht- und W
strahlen hervorgeht. Inzwischen folgt hieraus nach M
nicht, dafs eine verschiedene Polarisationsfähigkeit den T
linen beizulegen sey, vielmehr können alle Wärmestrahle
gleiche und vollständige Polarisation im Innern der Tur
erleiden und dennoch beim Austritt mehr oder weniger

rscheinen. Hierzu reicht die Annahme hin, dafs die
ne alle Arten Wärmestrahlen doppelt brechen, aber das
r bei dieser Doppelbrechung entstehende Bündel bei
Durchgange mehr oder weniger absorbiren. Wenn beide
ene Bündel gleiche Intensität haben, rechtwinklig pola-
id und einander fast decken, so können sie keine Spur
arisation zeigen, falls sie einen gleichen Grad von Ab-
erleiden. Sobald aber das eine Bündel bei seinem
nge einen gröfsern Antheil seiner Intensität verloren
mufs das andere nothwendig bei seinem Austritt An-
von Polarisation geben, und die Erscheinungen glei-
nen des Lichtes, sobald eins der beiden gebrochenen
im Innern der Platten vollständig absorbirt worden
ebrigens scheint es mir keinen Widerspruch in sich zu
n, wenn man den verschiedenen Turmalinen ein durch
gleichheit der Wärmequellen bedingtes gröfseres oder
s, selbst bis zum Verschwinden abnehmendes Polari-
ermögen beilegen wollte, wie so viele Körper sich
lich ihrer Diathermanie und Diathermansie gleichfalls so
den zeigen, da es ohnehin wohl noch nicht ausgemacht
das Verschwinden der Wärmestrahlen durch Polarisa-
se Folge der Absorption und nicht vielmehr einer Be-
g der Wärmewellen oder des Zusammenfallens der po-
mit den negativen, wie bei der Interferenz des Lichtes,
Dabei bleibt Melloni's Ansicht immer die wahrscheinli-
denn im Allgemeinen dürfen wir nach den bestehenden
ngen annehmen, dafs die Wärmeundulationen in Folge
undenwerdens des Wärmeäthers durch wägbare Körper
ne kommen.

8) Die durch Fordes gleichfalls aufgefundene *Polari-
der durch diathermane Körper* unter gewissen Einfalls-
r durchfallenden Wärmestrahlen, ähnlich der Polarisa-
s Lichtes beim Durchgange durch mehrere auf einander
Glasscheiben, wurde auch durch Melloni einer neuen
lichen Untersuchung unterworfen, wozu er gleichfalls
übereinander gelegte dünne Turmalinblättchen anwandte.
las durch Fordes erhaltene Resultat, wonach die nämlichen
nblättchen für verschiedene Wärmequellen ungleiche Grö-
Polarisation geben sollen, namentlich mit einer Argand'schen
0,29, mit einer gemeinen 0,24, mit einer Alkoholflamme

Digitized by Google

0,36; mit glühendem Platin 0,40, mit erhitztem Kupfer mit einem Quecksilbergefäfs von 280° C. Wärme 0,1 mit einem Gefäfse voll siedenden Wassers 0,06, erhebt LONI Zweifel und glaubt, dafs die Ursache der Unrich von der ungleichen Annäherung der Wärmequelle an den larisationsapparat und von dem Einflusse der durch Metal (secundäre Strahlung) von den Turmalinplatten zum Th multiplicator gelangenden Wärme herrühre[1]. Als Forbes ter die Wärmequellen in constanter Entfernung hielt, di Resultate anders aus, denn die Argand'sche Lampe gab bis 0,74; glühendes Platin 0,72; heifses Kupfer 0,63; hei C. heifses Quecksilber 0,48 und siedendes Wasser 0,4 auch diese Resultate hält MELLONI für nicht ganz fr Wie dieses auch seyn mag, so viel ist auf jeden Fall gewi die sogenannten dunklen Wärmestrahlen beim Durchgang geeignete Körper gleichfalls polarisirt werden, wie au später fortgesetzten Versuchen von FORBES[2] unwiderl hervorgeht.

349) Um die polarisirenden Platten (oder *Säule* genannt werden) der über einander liegenden Glimmer zu erhalten, nimmt man nach MELLONI eine gewöhnliche merplatte von 1 oder 2 Millim. Dicke, bestimmt durch Mittel die Lage der Axen und schneidet im Sinne d den auf einander senkrechten Richtungen ein Rechteck bis 10 Centim. Seite aus, verfertigt einen Rahmen aus Pappe, dessen innere rechteckige Oeffnung nach allen etwa 6 bis 8 Millim. kleiner ist, als die Glimmerplatte, letztere nach einander in möglichst dünne Blättchen, die vermittelst Gummi nach einander mit zwischen den liegenden dünnen und schmalen Papierstreifen, ihre re liche Lage beibehaltend, über die Oeffnung des Rahmens endlich einen zweiten gleichen Rahmen darüber und

1 FORBES verwahrt sich gegen diesen Einwurf, und wirklich ten die Glimmersäulen nicht bedeutend erwärmt werden, da pulsionsbogen gemessen wurden, mithin die Einwirkung der quelle nur momentan war. Der Unterschied der Resultate, beide Experimentatoren erhielten, scheint ihm in der Menge der gebrauchten Glimmerblättchen zu liegen. S. Edinb. Phil. Mag. N. LXX. p. 542.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLVI. p. 246.

Digitized by Google

eider Rahmen mit Papierstreifen so zusammen, dafs die liegenden Blättchen sich nicht verschieben können. verfertigte auf diese Weise acht Paare solcher Glim- von 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 und 35 Blättchen. risationsapparat war der von Biot[1] angegebene, be- us einem horizontalen Rohre, mit einer hohlen Fas- beiden Enden, die sich durch Reibung festgehalten liefsen, wobei die Umdrehung durch eine auf dem r Fassungen angebrachte Theilung in 360 Grade ge- urde. Jede der Fassungen hat an ihrem freien Ende orragende Arme, die als Träger eines Rahmens die- welchen die beschriebenen Turmalinsäulen eingesetzt Die Rahmen werden durch zwei, in der Mitte ihrer stehenden Seiten befestigte Axen getragen, die durch her in den genannten Armen gesteckt sind; eine raube dient, sie in der erforderlichen Neigung gegen les Rohres festzustellen, und ein an der einen Axe getheilter Kreis dient zur Messung dieser Neigung, festgestellt sind. Eine auf dem Rohre mit dessen lele Linie, welche an beiden Enden bis zum Rande ngen reicht, zeigt den Anfangspunct, von welchem hlung der getheilten Ränder der Fassungen ausgeht. den der Wärmequellen werden durch eine Steinsalz- mmelt und in einen Cylinder vereinigt, dessen Axe les Rohres zusammenfällt, und um den Einflufs der ng des Apparates und eine hierdurch bewirkte secun- hlung zu vermeiden, wird vor den Polarisationsapparat ilter oder dreifacher Metallschirm gestellt, mit einer gen Oeffnung von der Gröfse der kleinsten angewand- nersäule. Auf diese Weise war es möglich, die Lampe ıequelle 40 bis 50 Cent. vom Polarisationsapparate und oelektrische Säule 20 bis 30 Cent. hinter demselben, in derselben horizontalen Ebene, aufzustellen. Weil e der durchgelassenen Wärmestrahlen mit der Zahl der ider liegenden Glimmerblättchen abnimmt, so beseitigte diesen Unterschied nicht durch gröfsere Annäherung mequelle, was leicht Fehler herbeiführt, sondern in- inter derselben einen metallenen Hohlspiegel aufstellte,

[1] ité. T. IV. p. 255.

welcher die Strahlen concentrirte, und sie auf die Stei
warf, so dafs diese aufser den Strahlen der ihr zug
Seite der Flamme auch die der abgewandten in einen
samen Cylinder vereinigte. Dieser Hohlspiegel wurd
für die aus den wenigsten Blättchen bestehenden Säu
mit Rufs geschwärzt und nachher um einen ang
Theil wieder blank gemacht, so weit es die gröfsere
Glimmerblättchen erforderte. Für jedes einzelne Säule
übrigens der Apparat ungeändert, um die erhaltenen
unter sich vergleichbar zu machen.

350) Ehe wir in den folgenden Tabellen die
Resultate mittheilen, müssen wir noch eine Thatsach
welche Melloni durch unmittelbare Messungen aufge
haben versichert. Die polarisirte oder die bei der
der polarisirenden Platten verschwindende Wärme w
zerstört noch absorbirt, sondern blofs reflectirt. Sin
beide polarisirende Flächen einander parallel und in ei
kel von 30 bis 40 Grad gegen den einfallenden W
der geneigt, und stellt man den Thermomultiplicato
die von der hinteren Fläche reflectirten Strahlen
würden, so rührt sich die Nadel kaum oder gar ni
man aber die vordere Platte rechtwinklig gegen die
tritt sofort eine bedeutende Abweichung der Nadel e

351) Die Bezeichnungen in den nachfolgende
sind dieselben, wie in den früheren; jedoch ist Fo
bemerken. Die Neigung bezeichnet den Winkel, w
Fläche des polarisirenden Glimmerbündels mit der Ax
fallenden Wärmecylinders bildet, und Polarisation
die Menge Strahlen von 100, welche von den beim
mus der Säulen durchgelassenen durch die Kreuzung
polarisirt wird oder verschwindet. Die übrigen Col
durch die Ueberschriften deutlich.

Digitized by Google

Durchgelassene Wärme.

Neigung	Parallele Axen Bogen	Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Kräfte	Polarisation
Taf. I. Säulen von 3 Blättchen.					
45°	35°,29	31,68	32°,01	29,12	8,08
43	34,99	31,52	30,77	27,78	11,87
41	34,24	31,12	29,55	26,18	15,87
39	33,58	30,55	28,13	24,49	19,84
37	32,84	29,81	26,22	22,70	23,85
35	31,78	28,88	24,23	20,86	27,77
33	30,71	27,70	21,98	18,87	31,87
31	29,44	26,04	19,40	16,73	35,76
29	27,41	23,81	16,53	14,35	39,73
27	24,57	21,18	13,63	11,90	43,81
25	21,24	18,25	10,94	9,54	47,73
23	17,31	15,01	8,27	7,22	51,89
21	13,31	11,63	5,88	5,15	55,72
19	9,22	8,02	3,71	3,24	59,60
17	5,02	4,39	1,83	1,60	63,55
Taf. II. Säulen von 5 Blättchen.					
45°	35°,92	32,01	28°,54	24,95	22,06
43	35,69	31,89	27,01	23,45	26,46
41	35,42	31,75	25,16	21,73	31,56
39	35,21	31,64	23,47	20,15	36,31
37	34,33	31,17	21,39	18,38	41,03
35	33,30	30,26	19,75	16,46	45,61
33	31,64	28,74	16,39	14,23	50,49
31	29,71	26,38	13,80	12,03	54,39
29	27,38	23,79	11,29	9,85	58,59
27	23,70	20,36	8,72	7,61	62,62
25	20,04	17,23	6,60	5,77	66,51
23	16,01	13,91	4,74	4,14	70,24
21	11,71	10,24	3,06	2,68	73,83
19	7,58	6,63	1,71	1,50	77,37
17	3,42	2,99	0,66	0,58	80,60

Digitized by Google

Durchgelassene Wärme.

Neigung	Parallele Axen Bogen	Parallele Axen Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
Taf. III. Säulen von 10 Blättchen.					
45°	29°,82	26,53	17°,21	14,93	43,73
43	31,41	28,49	16,48	14,31	49,77
41	33,29	30,24	15,36	13,32	55,95
39	35,19	31,63	13,95	16,16	61,56
37	36,46	32,50	12,31	10,77	66,86
35	36,86	32,88	10,63	9,26	71,84
33	36,72	32,75	8,90	7,75	76,34
31	33,79	30,76	6,92	6,05	80,33
29	30,94	28,00	5,25	4,59	83,61
27	27,89	24,25	3,72	3,25	86,60
25	23,19	19,89	2,44	2,14	89,24
23	17,60	15,26	1,55	1,36	91,09
Taf. IV. Säulen von 15 Blättchen.					
45°	24°,12	20,75	9°,30	8,09	61,01
43	27,08	23,51	8,95	7,79	66,57
41	29,59	26,23	8,16	7,13	72,82
39	31,66	28,76	7,23	6,32	78,03
37	33,79	30,77	6,15	5,38	82,51
35	35,58	31,83	4,99	4,36	86,30
33	35,44	31,76	3,90	3,40	89,29
31	32,13	29,22	2,90	2,54	91,31
29	29,04	25,52	2,14	1,87	92,67
27	24,41	21,03	1,55	1,36	93,53
25	18,23	15,78	1,07	0,94	94,04
23	12,05	10,54	0,68	0,60	94,31

Digitized by Google

Durchgelassene Wärme.

Neigung	Parallele Axen Bogen	Parallele Axen Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
Taf. V. Säulen von 20 Blättchen.					
45°	21°,23	18,24	6°,56	5,74	68,53
43	24,60	21,23	6,51	5,69	73,20
41	28,08	24,44	6,22	5,44	77,74
39	30,66	27,63	5,68	4,97	82,01
37	33,55	30,52	5,00	4,37	85,01
35	36,21	32,25	4,24	3,70	88,53
33	36,18	32,22	3,41	2,98	90,75
31	34,60	29,50	2,52	2,21	92,51
29	27,63	24,01	1,68	1,47	93,88
27	21,52	18,49	1,13	0,99	94,64
25	14,41	12,53	0,73	0,64	94,89
23	8,31	7,26	0,41	0,36	95,04
Taf. VI. Säulen von 25 Blättchen.					
45°	18°,57	16,05	4°,17	3,64	77,32
43	22,78	19,53	4,19	3,66	81,26
41	26,51	22,97	4,00	3,49	84,81
39	29,71	26,39	3,71	3,24	87,72
37	32,45	29,48	3,28	2,84	90,33
35	35,42	31,75	2,61	2,39	92,47
33	35,56	31,82	2,20	1,93	93,93
31	31,75	28,85	1,73	1,52	94,73
29	27,20	23,62	1,33	1,17	95,05
27	20,51	17,63	0,99	0,87	95,06
25	13,13	11,48	0,65	0,57	95,03
23	6,90	6,03	0,34	0,30	95,02

Digitized by Google

Durchgelassene Wärme.

Neigung	Parallele Axen Bogen	Parallele Axen Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
Taf. VII. Säulen von 30 Blättchen.					
45°	16°,92	14,68	2°,73	2,39	83,72
43	21,50	18,47	2,74	2,40	87,01
41	25,84	22,18	2,52	2,21	90,04
39	29,36	25,93	2,30	2,01	92,25
37	32,38	29,43	2,12	1,86	93,68
35	35,96	32,03	1,90	1,67	94,79
33	36,53	32,56	1,83	1,60	95,09
31	31,90	29,01	1,62	1,42	95,11
29	27,11	23,24	1,30	1,14	95,16
27	19,89	17,13	0,94	0,83	95,15
25	12,33	10,79	0,59	0,52	95,18
23	5,81	5,68	0,28	0,25	95,08
Taf. VIII. Säulen von 35 Blättchen.					
45°	14°,69	12,75	1°,71	1,50	88,24
43	19,35	16,69	1,72	1,51	90,95
41	23,86	20,51	1,63	1,43	93,03
39	27,99	24,34	1,56	1,37	94,35
37	30,83	27,85	1,60	1,40	94,97
35	33,88	30,86	1,74	1,52	95,07
33	34,93	31,49	1,76	1,54	95,11
31	30,89	27,93	1,57	1,38	95,06
29	25,67	22,19	1,24	1,09	95,09
27	18,23	15,78	0,88	0,77	95,12
25	10,92	9,52	0,53	0,47	95,06
23	4,34	3,79	0,22	0,19	94,99

Aus diesen Tafeln lassen sich folgende Resultate ent
1) Die Menge der durch Polarisation verschwindenden W
strahlen wächst, sowie der Winkel, unter welchem d
fallenden Strahlen auf die polarisirende Fläche auffallen,
wird. 2) Bei Säulen von einer gröfseren Anzahl Blätt
reicht die Polarisation bei einem gewissen Neigungswi

Digitized by Google

m und bleibt auf diesem bei abnehmenden Winkeln
3) Die Neigung, bei welcher der unveränderliche Werth
nimmt mit der Anzahl der Blättchen zu.

) Uebrigens ist die Gröfse der Polarisation so, dafs
fast vollständig nennen kann, sie erreicht mehr als
d Melloni glaubt, dafs auch das Licht, wenn man genaue
en anstellen könnte, nicht stärker polarisirt werde, denn
durch die Maschine sah, nahm er noch immer einen
Lichtschimmer wahr; überhaupt aber ist die Uebereins
g der Polarisationsphänomene durch Refraction zwi-
cht und Wärme so auffallend, dafs man daraus mit
auf eine den Wärmestrahlen zukommende Polarisation
eflexion schliefsen kann. Der Einfallswinkel, welcher
ste Polarisation giebt, ist schwer zu bestimmen, weil
ufs der durchgehenden Strahlen dieses hindert, deren
beim lothrechten Einfall am gröfsten ist (wobei übri-
keine Polarisation statt findet), aber auch beim schie-
fallen nicht gänzlich wegfällt. Inzwischen nimmt diese
mtheit ab, je mehr Blättchen auf einander liegen, wes-
Melloni zu seinen Säulen noch andere von mehreren
erfertigte, so dafs es ihm möglich wurde, die Wär-
gänge durch ungleich zahlreiche Lagen bei verschiede-
fallswinkeln zu messen, wobei jedoch zu bemerken ist,
gen ungleicher Intensität der Wärmequelle die Resultate
t sich vergleichbar sind.

Wärmedurchgang

Neigung	20 Blättchen	60 Blättchen	120 Blättchen
35° 0′	37°,34	35°,97	31°,86
34 30	37,42	36,48	32,71
34 0	37,46	36,87	33,07
33 30	37,39	37,10	33,29
33 0	37,09	36,82	33,02

en Gröfsen folgt, dafs der Einflufs der durchgehenden,
larisirten Wärme bei Säulen von vielen Blättchen weg-
ach der Uebereinstimmung der beiden letzten Colum-
ört das Maximum des Durchganges zu einem Winkel
' 30′ und liegt etwas näher bei 34°. Melloni be-

Digitized by Google

merkt hierbei, dafs nach Brewster beim Lichte die Ta des Polarisationswinkels durch die Zahl gegeben wird, den Refractionsindex des als Reflector angewandten K ausdrückt. Der mittlere Refractionsindex für Glimmer[1] = 1,5 und diese Gröfse gehört als Tangente zum Wi 56° 19′, also von der Fläche an gerechnet 33° 41′, m der Winkel der vollständigen Polarisation durch Reflex nahe derselbe für Wärme und für Licht.

353) Bringt man vor die Oeffnung des Schirmes, welche bei Melloni's Apparate die Wärmestrahlen ehe sie zu den polarisirenden Glimmersäulen gelang dünne Schicht irgend einer Art, z. B. Alaun, Bernstein, zes Glas, Wasser, Oel oder einer sonstigen diathermas stanz, so findet man den Polarisationsindex hierdurch geändert, wie sich am auffallendsten zeigt, wenn m stanzen von ganz verschiedener Diathermansie wählt, nerseits schwarzes oder grünes Glas, andererseits Wa tronensäure oder Alaun. Nach der oben (§. 344) mit Tabelle ist der Polarisationsindex für Strahlen, wel die beiden ersten Körper gegangen sind, bei Turmal fast 0, für Alaun aber 0,95; werden aber diese Stral die polarisirenden Glimmersäulen modificirt, so zeige larisationsindices keinen mefsbaren Unterschied, und es daher die von verschiedenen Körpern durchgelassen mestrahlen, wie heterogener Art sie auch sind, durch P gleich stark polarisirt, oder aber, was einerlei ist, d sation, welche durch die brechenden Kräfte der Medie wird, ist unabhängig von der Qualität der Wärm Melloni bestätigte diese Folgerung durch directe V die er mit der Lampe, dem glühenden Platindraht u erhitzten Kupfer anstellte, und weil die sogenannten Strahlen so schwer durch Glimmer dringen, wählte e von wenigen Lagen, schwächte dann aber die Strahlen keren Wärmequellen durch eine erforderliche Menge v gestellter Glasschirme, so dafs bei gleichem Abstand tensität aller drei Quellen gleich wurde. Es zeigten s die Polarisationsindices bei der Anwendung aller drei quellen ganz gleich. Man kann übrigens eine Que

1 Biot Traité. T. IV. p. 80.

Digitized by Google

Wärmestrahlen einer solchen, welche dunkle aussendet, h gleich machen, dafs man eine Scheibe schwarzen Gla- schaltet, wodurch man hlofs die letztere erhält. Um ese Gleichheit der Polarisationsfähigkeit aller Arten von strahlen mit den durch Turmalinplatten erhaltenen Re- i in Einklang zu bringen, mufs man berücksichtigen, den Turmalinplatten eine Ursache liegt, welche die po- den Wirkungen bald versteckt, bald sichtbar werden Diese kann keine andere seyn, als die Doppelbrechung, welcher in den mit der Krystallisationsaxe parallel enen Platten allezeit zwei einander deckende Bündel icher Stärke, aber entgegengesetzter Polarisationsfähig- svorgebracht werden. Im Fall, wo sich die Wirkung maline zeigt, wird eins dieser Bündel vollständig ab- und nur das andere bleibt mit der ihm eigenen Pola- fähigkeit übrig; im entgegengesetzten Falle erleiden ündel eine gleiche Absorption und treten, in Bezug auf larisation, vollkommen neutralisirt gemeinschaftlich aus. nn im letzten Falle die austretende Wärme der ge- hen Wärme ähnlich ist, so mufs nothwendig das zweite welches zuvor absorbirt wurde, rechtwinklig gegen polarisirt seyn, und zwar vollständig, denn isolirt zeigt erste Wärmebündel in diesem Zustande.

d) Gegen die Resultate, welche Forbes zum Beweise enden *Depolarisation* erhalten hat, und woraus er , dafs die verschiedenartigen Wärmestrahlen ungleich irbar sind, sucht Melloni den nämlichen Einwurf zu machen, welchen er gegen die Genauigkeit der von fundenen Gröfsen der Polarisation überhaupt aufgestellt nlich dafs die secundäre Strahlung einen Einfluss aus- be, weswegen sich bei seinen eigenen Versuchen dieser hied nicht herausstellte. Auch hierbei liefs er die trahlen aus den stärkeren Wärmequellen durch so viele inander befindliche Glasscheiben durchgehn, bis sie den eren an Intensität gleich wurden, und erhielt dann für iche Gröfsen der Depolarisation, so dafs die Existenz n durch diese wiederholten Versuche abermals bestätigt ist. Die zwischen beiden Experimentatoren streitige ob die aus verschiedenen Quellen entstehenden Wärme- eine ungleiche Polarisation erleiden, haben Beide kei-

Digitized by Google

mehr durchzulassen, die von jeder andern Substanz, als Alaun u. s. w., am meisten zurückgehalten werden. sagt, es heifse dieses nichts anderes, als dafs Steinsalz ziehung auf Wärme die nämlichen Wirkungen äufsere, ganz klares Glas auf die Lichtstrahlen ausübe, indem dieses Lichtstrahlen, durch jenes Wärmestrahlen, bei jeder Brechung, dringen, statt dafs alle andere diatherma stanzen die Wärmestrahlen von geringerer Brechung ab so wie blaues und violettes Glas die am wenigsten g nen Lichtstrahlen gleichfalls absorbiren. Die Richtigk Ansicht leuchtet sofort ein, wenn man überlegt, dafs die Wärmestrahlen gebrachte Medien das Maximum der im Spectrum, wenn es durch Steinsalz erzeugt ist, de oder selbst den gelben Strahlen mehr nähern. Eine die gegengesetzte Wirkung äufsert das Steinsalz, wenn es nem Ueberzug von Rufs bedeckt ist, indem es alsdann die Wärmestrahlen, wie ein rothes Glas auf die Licht wirkt, nämlich die am wenigsten brechbaren Wärm durchläfst, die brechbareren dagegen absorbirt, und da früheren Versuchen von Forbes hervorgeht, dafs d Hitze gespaltenen Glimmerblättchen eine ähnliche zeigen, so ist damit die Wissenschaft auf jeden Fall e deutenden Schritt weiter gefördert, sofern sich eine naue Uebereinstimmung zwischen dem Verhalten der strahlen und Wärmestrahlen herausstellt.

356) Die Wirkung des durch Hitze zersplitterten mers rührt allem Anschein nach von der Aufblätterung ben in eine unendliche Menge kleiner Flächen und den veranlafsten zahllosen Reflexionen her, und die Fra sich daher aufdrängen, ob die Wirkung des Rufses v eigenthümlichen Natur oder der durch ihn erzeugten der Oberfläche herrühre. Um hierüber zu entscheiden, Forbes die Wirkungen von Steinsalz mit berufster durch Schmirgelpapier rauh gemachter Oberfläche, wob gende Resultate erhielt.

Digitized by Google

Wärmequellen.	Von 100 Strahlen gingen durch Steinsalz		Relativer Durchgang durch Steinsalz	
	berufst	rauh	berufst	rauh
neine Lampe mit Glas	30	49	100	100
neine Lampe ohne Glas	—	62	—	126
ıkelheifses Kupfer . .	58	70	192	142
lendes Wasser	67	77	223	157

e Gröfsen kein befriedigendes Resultat gaben, so argu- Forbes, dafs die Wirkungen einer doppelt dicken Rufs- bedeutend von denen zweier Flächen von einfacher bweichen müfsten, wenn die Rufsschicht überhaupt blofs 'eränderung der Oberfläche wirke. Daher überzog er eine iteinsalz A mit einer Schicht von doppelter Dicke, zwei D und E jede mit einer einfachen, und erhielt folgende

		Von 100 durchgelassenen Strahlen		
		Lampe mit Glas	Lampe ohne Glas	dunkles Kupfer
Steinsalzplatte	A . . .	8,3	17,2	32,9
— —	D . . .	26,0	41,0	58,0
— —	E . . .	23,5	36,0	53,5
— —	D und E	7,3	18,0	32,1

inge Abweichung des ersten und des vierten Werthes ander ist offenbar der Ansicht nicht günstig, dafs der ofs durch seinen Einfluss auf die Oberfläche des Stein- virken sollte, denn alsdann könnte die doppelte Dicke icht unmöglich eine gleiche Wirkung äufsern, als zwei n von einfacher Dicke. Inzwischen bleibt es unver- merkwürdig, dafs die blofse Rauheit der Oberfläche f gleiche Weise wirksam zeigt, als das Ueberziehn n mit Rufs, indem noch aufserdem beide die durch sie genen Wärmestrahlen so disponiren, dafs sie dann durch weiten diathermanen Körper in gröfserer Menge dringen. s unter andern die genannte berufste Steinsalzplatte E e Strahlen von 100 durchfallen, nachdem diese vorher

durch den Schirm H von gesplittertem Glimmer, dann Platte D berufsten und die Platte a rauh gemachten Stein gedrungen waren.

Wärmequellen.	Wärmeprocente durch E dringend nach dem Durchgange durch nichts	H	D	a
Lampe mit Glas	23,5	. . .	28	29,0
Lampe ohne Glas . . .	36,0	43,5	44	40,4
dunkelheifses Kupfer . .	53,5	56,0	56	55,0

Die erhaltenen Gröfsen zeigen, dafs die Strahlen aus leuchtenden Quellen in Folge ihres Durchganges durch rufste Steinsalzplatte ähnliche Schirme leichter zu durch vermögen. Hinsichtlich der *Zurückwerfung* der Wärm len, vorzüglich bei gröfseren Einfallswinkeln, zeigten hen Flächen ein gleiches Verhalten, wie aus dem hie den Verhältnifs der von einer polirten und einer rau ten Fläche Flintglas reflectirten Wärmestrahlen hervo

Einfalls-winkel	Lampe mit Glas	Lampe ohne Glas	dunkelheifses Kupfer
60° . . .	. . . . .	100:34,0	100:33,4
70 . . .	100:26,5	100:38,3	100:43,5

Auch hier zeigt sich also, dafs die hindernde Kraft d hen Flächen mit der Brechbarkeit der Wärmestrahlen Auf die durchgehenden Lichtstrahlen hat die Berufsung gleichen Einfluss, denn durch geschwärztes Glas erhält rothes Bild der Sonne[1].

Soll der *Einfluſs nicht polirter* oder *ungleich* lirter *Oberflächen* auf die Durchlassung verschiedenartiger mestrahlen genauer erörtert werden, so kommt dabei

1 Forbes meint, die Reflexion des Lichtes zeige sich auf Weise, als die der Wärme; ob dasselbe auch für durchgehende strahlen gelte, sey noch nicht deutlich beobachtet worden. Durchdringen der rothen Strahlen durch eine geschwärzte ist allbekannte Thatsache, und hierdurch scheint die Frage Beantwortung zu finden.

Digitized by Google

Betrachtung, ob das Steinsalz auch mit Sicherheit als Wärmearten gleich diatherman betrachtet werden könne, ie jedesmalige gröfsere oder geringere Politur, mit Aus- gentlicher Rauheit, zu berücksichtigen. Fordes glaubt ge unbedenklich bejahen zu dürfen, denn zwei nicht grofser Sorgfalt polirte Steinsalzplatten liefsen von einer (Locatelli'schen) Lampe mit Glasschirm 72 und vom heifsen Kupfer 73 Procent Wärme durch, als aber re, auf der polirten Fläche durch langes Liegen matt e, dann absichtlich rauh gemachte Platte genommen elen von der ersten Quelle 66, von der zweiten 77 Wärme durch. Auch bei andern Körpern wird die nsie durch die Rauheit der Oberfläche abgeändert, doch zu berücksichtigen ist, dafs diese schon eine e Wirkung auf verschiedene Wärmestrahlen ausüben, Steinsalz wegfällt. Als ein Beispiel führt Fordes an. Ein dünnes Glimmerblättchen mit natürlich glän- berfläche liefs bei Anwendung einer Locatelli'schen ät Glas, einer solchen ohne Glas und des 400° C. Kupfers von 100 Strahlen 83,5; 74; 37, nach dem eider Flächen mit Schmirgelpapier aber 45,5; 51; 31,5 en, also wurde die Menge der vorher durchfallenden in Folge der Rauheit vermindert um 54; 69; 85

) Um endlich auszumitteln, wie sich eine verhältnifs- leine Anzahl von Furchen zu einer allgemeinen Rau- Oberfläche verhalte, wurden auf einer gut polirten latte mit einer Diamantspitze feine Linien gezogen, so Quadrate von 0,01 Lin. Seite bildeten, auf einer zwei- n von 0,005 Lin. Abstand und auf einer dritten Qua- 1 0,005 Lin. Seite. Nennen wir diese A, B, C, so e von 100 Wärmestrahlen aus zwei verschiedenen olgende durch:

Wärmequellen.	Durchgelassene Strahlen A	B	C
Locatelli - Lampe mit Glas	76,5	61,5	45,0
dunkelheifses Kupfer . .	82,3	68,5	64,5

lend heifsem Wasser drangen verhältnifsmäfsig noch

Digitized by Google

mehr Strahlen durch, das Resultat im Ganzen führt der Betrachtung, ob nicht, wie beim Lichte, ein bl *ter*, statt der gefurchten Fläche, die gleiche Wirkun zubringen vermöge. Gewöhnliche feine Drahtgeflech sich nicht gut anwendbar, als aber auch die aus Par nen feinsten, etwa 160 Drähte auf den Zoll gehende wandt wurden, zeigte sich erstlich die Menge der aufgefangenen Wärme unabhängig von der Art der quelle, und zweitens in demjenigen Verhältnifs abne der Flächeninhalt der Drähte zu dem der Zwischenr fser wurde. Letztere Gröfsen genau zu ermitteln is sehr schwierig, und im Allgemeinen wird der Fl der Drähte zu gering gefunden, wenn man ihn nach und Dicke der Drähte berechnet. Die Ursache hie darin, dafs die Zwischenräume nicht genaue Quadr wie Adie durch scharfe mikrometrische Messungen fand, und aufserdem sind die Drähte an den Stelle sich gegenseitig berühren, etwas platt gedrückt. *Metallgittern* gleiche Wirkung erzeugten solche, d nen parallelen Baumwollenfäden bestanden, wenn di oder in der Art paarweise angewandt wurden, daf einander gelegt regelmäfsige Quadrate bildeten. U nächst sich hier anschliefsende Frage zu beantworte Körper in feinster Pulverform blofs mechanisch auf gehenden Wärmestrahlen wirken, suchte Forbes zumitteln, ob die Metalle in der That so undurchdr Wärmestrahlen sind, als man voraussetzt, und d bestätigte dieses vollkommen, denn durch ein als Sch brachtes Blattgoldblättchen, dessen Dicke etwa 0,0 betragen mag, drang auch nicht so viel Wärme, um des Thermomultiplicators nur im mindesten abzulenk schwierig war es aber, Metalle in Pulverform von derlichen Feinheit zu erhalten, welches aufgestreuet Metallgeflecht von gröfster Unregelmäfsigkeit der Zw me darstellen mufste. Inzwischen verschaffte sich F selben, wie sie namentlich die falsche Bronze enthält fühlbar fein, mit Ausnahme des Zinns, streuete sie salzplatten oder brachte sie zwischen zwei solche ohn Bindemittel, welches durch seine eigene Einwirkun sultate verfalschen konnte. Die Ergebnisse der Ver

Digitized by Google

lenartigen Pulvern und ungleichen Wärmequellen, in-leich bei der Anwendung der gemeinen (Locatelli'schen) ie angegebenen Schirme eingeschaltet waren, zeigt fol-ibelle, worin die Zahlen die Procente der durchgelas-ärmemengen angeben.

ulver	Lampe ohne Schirm		Berufs-tes Stein-salz	Heifses Ku-pfer	Heifses Was-ser
	Glas				
e Versuchsreihe	58,0	. . .	50,5	. . .	. . .
eite	7,4	. . .	. . .	4,1	. . .
. . . . .	25,3	24,2	. . .	21,8	. . .
rste Reihe . . .	27,7	. . .	18,5	. . .	. . .
veite Reihe . .	29,5	. . .	22,1	. . .	25
erste Reihe . .	14,8	. . .	16,0	. . .	. . .
veite Reihe . .	17,4	. . .	. . .	18,7	17
. . . . .	5,6	. . .	. . .	4,05	. . .
. . . . .	27,0	26,0	. . .	25,5	. . .

uche wurden zwar mit gröfster Sorgfalt angestellt, aber bemerkt selbst, dafs sie die sich ergebenden paradoxen unwidersprechlich zu begründen vielleicht nicht ge-auf jeden Fall lassen sich dieselben nicht erklären. müfste nämlich Gold, Silber und Zinn[1] von leuch-ärme mehr als von dunkler durchlassen, Kupfer in einer Reihe sich auf gleiche, in zwei ändern aber gengesetzte Weise verhalten, und gerade diesen ei-chen Charakter des Kupfers glaubt Forbes mit Si-rmittelt zu haben.

hiernach der Schlufs, dafs die Wirkung des Be-er Flächen auf die durchfallenden Wärmestrahlen der Pulverform herrühre, wankend wurde, andere gen aber andeuteten, dafs die meisten diathermanen Pulverform gleich atherman waren oder wohl rich-e eigentliche Diathermansie zeigten, indem eine mit der Citronensäurepulver bestreute Fläche fast ebenso ne durchzulassen schien, als eine mit Steinsalzpulver wonach also, wie beim Lichte, die Adiathermanie

[1] Zinn ist der Unterschied unbedeutend und konnte wohl Beobachtungsfehlern seyn.

eine Folge zahlloser Zerstreuungen und Interferenzen der
mestrahlen seyn müfste, so war es um so nothwendiger
ses Problem noch weiter zu verfolgen. Letzteres wur
sonders durch folgenden Versuch bestätigt. Forbes ver
sich ein unregelmäfsiges Netz aus feinen *Glasfäden*, la
die Wärmestrahlen einer Locatelli'schen Lampe durch ei
Glasplatte, von dieser aber durch das Glasnetz fallen, u
durch letzteres einen Wärmeverlust von 52,5 Procent
obgleich nach den Versuchen von de la Roche und
die bereits durch Glas gedrungenen Strahlen beim
Durchfallen durch Glas nur unmerklichen Verlust
Da es zu viele Zeit erfordert haben würde, diese
ihren einzelnen Theilen weiter zu verfolgen, so entsch
Forbes zuerst, den Durchgang der von verschiedenen
quellen ausgehenden Strahlen durch Pulver anderer,
tallischer oder wenigstens nicht regulinisch metallis
gleicher Körper durch vorläufige, wenn auch nicht
entscheidende Versuche auszumitteln. Die folgende
enthält in Procenten die Menge der durchgelassenen
wobei die Pulver allezeit aufgestreut, zwischen zw
salzplatten eingeschlossen, diese aber an den Rände
und auf Diaphragmen von Karten befestigt waren.
Anwendung der Lampe ohne Glasschornstein (Loca
waren, wie oben, die in der Tabelle genannten Sch
geschaltet. Uebrigens wurden, so wie auch oben,
verschiedenen Versuchsreihen nicht dieselben, sonder
mit Pulver bestreute Platten verwandt, so dafs die Res
mit einander, sondern blofs unter sich vergleichbar

1) Forbes erwähnt, dafs Wärmestrahlen von heifsem
heifsem Wasser *unter denselben Umständen* nur 55 und
verloren hätten, da doch eine dünne Glasplatte diese Strah
nicht durchlasse. Allein hierbei konnten die Umstände
gleich seyn, denn sonst hätte die Glastafel eingeschaltet
durch welche aber diese Strahlen gar nicht oder in
unmefsbar geringer Menge dringen konnten.

Digitized by Google

Pulver	Gemeine Lampe: Glas		Berufstes Stein-salz	Dunkles Ku-pfer	Heifses Was-ser
erste Reihe . .	17,0	. . .	. . .	17,1	. . .
weite Reihe . .	15,2	. . .	. . .	13,0	. . .
., erste Reihe	29,0	. . .	30,0	33,0	31,5
zweite Reihe	12,9	. . .	. . .	8,7	. . .
, erste Reihe	12,8	13,4	11,8	11,3	. . .
zweite Reihe	31,5	. . .	. . .	29,2	. . .
. . . . .	50,0	. . .	. . .	44,7	. . .
. . . . .	30,2	. . .	. . .	34,0	. . .
. . . . .	26,3	. . .	22,4	. . .	. . .
e	5,0	. . .	. . .	9,0	. . .
erste Reihe . .	11,4	. . .	13,9	. . .	. . .
zweite Reihe	15,1	. . .	. . .	16,0	17,0
dritte Reihe .	3,2	. . .	. . .	3,5	. . .
ite Reihe . . .	30,5	. . .	. . .	34,5	. . .
eite Reihe . . .	15,5	15,6	18,4	17,9	. . .
tte Reihe . . .	27,5	. . .	. . .	32,0	. . .
ire Magnesia .	8,3	. . .	12,6	. . .	. . .

die Folgerungen aufzusuchen, die sich aus diesen a Gröfsen entnehmen lassen, verdienen vorzugsweise Procente der aus verschiedenen Quellen strahlenden lie durch nachfolgende Substanzen durchgelassen wur- t unbeachtet zu bleiben.

Substanzen	Wärmequellen: Lampe ohne Schirm	Ku-pfer	Heifses Wasser
ldschlagerhaut . . .	60,0	28,0	. . .
nbrick – Papier . . .	8,6	10,5	. . .
ohpapier	36,0	28,0	. . .
ponnenes Glas . . .	47,5	44,0	42
insalz, berufst . . .	30,2	58,0	67
rauh gemacht	49,0	73,0	76
polirt und gefurcht	49,5	73,0	77

es stellt die wichtigsten, aus den hier mitgetheilten ihen erhaltenen Resultate zur leichteren Uebersicht . Hiernach findet man die Eigenschaft, die soge- *nkle Wärme leichter durchzulassen* (dem Durchgange

des rothen Lichtes vergleichbar), 1) beim Hohlkohl… 2) bei einigen erdigen Pulvern; 3) bei einfach … Flächen; 4) bei unregelmäfsig mit Schmirgelpapier … Flächen; 5) bei polirten und dann fein gefurchten … 6) bei aufgeblättertem Glimmer. *Indifferent gegen … der durchgehenden Wärme* scheinen zu seyn: 1) … gold, als undurchdringlich für jede Art Wärme; 2) … netze; 3) Fadennetze; 4) die meisten krystallisirten … in Pulverform, die fast ganz adiatherman sind. *… leuchtende Wärme stärker durchlassend* (dem Durch… violetten Lichtes vergleichbar) sind: 1) einige Me… 2) gepulvertes Steinsalz und einige sonstige Pulver; … rische Membranen. Beachtenswerth ist hierbei, dafs … dunkle Wärme von unvollkommen polirten Flächen … mäfsigsten reflectirt und auch durchgelassen wird. In … sprechen alle diese Thatsachen für die Annahme von … wellen und zugleich dafür, dafs diese um so kürzer … mehr sie vom Leuchten zur Dunkelheit übergehn. Zu … hält Forbes die Wärmewellen für bedeutend verschi… den Lichtwellen, ohne dafs es jedoch bis jetzt … über einen so dunklen und vielfach verwickelten … etwas bestimmt festzusetzen.

358) So wie Forbes, hat auch Melloni zu … führlichen Untersuchungen noch einige kürzere Notiz… liefert, welche theils Bestätigungen der früher gefun… sultate, theils Folgerungen enthalten, die sich aus … leiten lassen. Melloni und Biot[1] brachten in die … ten Wärmestrahlen zwischen die polarisirenden Glim… eine 7,5 Millim. dicke, senkrecht gegen die Axe der … brechung geschnittene Bergkrystallplatte, welche die … tionsebene beim Lichte rechts vom Beobachter dreht… fanden, dafs sie auf die Wärmestrahlen einen gleiche… ausübte. Als sie über dieselbe noch eine zweite, … Platte brachten, welche die Polarisationsebene beim L… vom Beobachter drehte, zeigte sie eine gleiche Einwi… die Wärmestrahlen, und beide Platten vereint hoben … gegengesetzten Wirkungen auf, wenn ihre Axen gena… menfielen.

1 Aus Compte rendu Nr. 8. p. 194 in Poggendorff's Ann. XXV…

Digitized by Google

Bei den hier in einer möglichst kurzen Uebersicht
ten Untersuchungen über die Wärmestrahlung fällt
en Grade die Aehnlichkeit zwischen dem Verhalten
s und der Wärme auf, und man wird unwillkürlich
beide Potenzen mit einander zu vergleichen. Wollte
erlauben, aus dem oberflächlichen Anblicke der That-
gerungen abzuleiten, so könnte man Licht und Wär-
ntisch halten, allein es sind bereits oben (§. 77 ff.)
Gründe gegen diese Hypothese vorgebracht worden,
den früher bekannten Erfahrungen hervorgehn, und
der geeignete Ort, diese Frage noch einmal zu erör-
dürfen annehmen, dafs die beiden Gelehrten, Melloni
s, welche am tiefsten in die Untersuchung der Er-
n, wobei sich die Wärme dem Lichte am ähnlich-
, eingedrungen sind, die Frage über das Verhältnifs
enzen gegen einander am reiflichsten und gründlich-
en haben, und sie sind daher ohne Zweifel die com-
Richter in dieser Sache. Melloni, obgleich der
heilnehmer an dem gröfsten Theile seiner Versuche,
h früher für die Identität beider Wesen oder viel-
eine Verwandlung des Lichts in Wärme ausgespro-
und jener daher geneigt seyn mufste, den Ansich-
etzteren beizutreten, äufsert sich dennoch sehr ent-
iergegen. Um aber den eigentlichen Fragepunct ge-
ustellen, mufs in voraus zugestanden werden, dafs
t erörterten Erscheinungen nicht füglich anders als
lationen erklärt werden können, und da die Undu-
rie allein die Phänomene des Lichts consequent dar-
vermag, so folgt hieraus schon unmittelbar, dafs die
beider Theorieen, der des Lichts und der Wärme,
en nach identisch seyn mufs. Allein auch die Phä-
s Schalles beruhn auf Vibrationen, und es wird den-
und bei einiger Kenntnifs der Sache und genügender
des Nachdenkens zu der Folgerung zu vermögen
hall und Licht in Beziehung auf das beiden zum
egende materielle Princip für identisch zu halten. Die
en werden in allen wägbaren Körpern nach wenig
en eigenthümliche Beschaffenheit modificirten Gesetzen
nd fortgepflanzt, und hören beim Mangel vorhandener
Materie von selbst auf; zur Erklärung der Lichtphä-

Google

nomene wird das Vorhandenseyn eines eigenthümlichen, verbreiteten Lichtäthers angenommen, und so erfordert Wärmephänomene, der Analogie nach, gleichfalls das denseyn irgend eines materiellen Substrates, weil ohne ches der Begriff von Undulationen von selbst wegfall Hiernach ist also die eigentliche Frage die, ob nicht Undulationen, auf welche wir einen grofsen Theil de mephänomene zurückführen, sondern auch diejenige welche auf eine anderweitige, sehr heterogene Weise hält, auf eigenthümliche Vibrationen der gewöhnlich riellen Stoffe zurückzuführen sind, oder auf eine eigen Grundlage, einen Wärmestoff, und ob im letzteren F Basis mit dem Lichtäther identisch oder von eigenth Beschaffenheit ist.

360) Schon oben ist mehrmals erwähnt worden, da LOMI die Existenz eigenthümlich verschiedener Wärm annimmt, die er *farbige* nennt, weil sie auf ähnliche als farbige Lichtstrahlen, von gewissen Körpern leic gelassen werden, welche andere Wärmestrahlen nich lassen, worauf eben die von ihm sogenannte *Dia* beruht. Die schon hieraus hervorgehende Aehnlichk schen Licht und Wärme zeigt sich auch anderwei MELLONI[1] sagt daher am Ende seiner Hauptabhandlu „der Gesammtheit der Thatsachen über die strahlende „ersieht man, dafs dieses Wesen ganz wie das Lic „pflanzt, zurückgeworfen, gebrochen und polarisirt w „wenn diese Eigenschaften häufig unbemerkt bleiben, man dieses einem Mangel von Diathermanie bei den „Körpern zuschreiben, oder der ganz besondern W „welcher ihre Absorption sich auf die Wärmestrahlen Einige Körper, als Luft und Steinsalz, lassen sowohl strahlen, als auch die Wärmestrahlen frei durch, ab sorbiren die Lichtstrahlen vollständig, z. B. schwar lassen aber gewisse Wärmestrahlen frei durch, noch and für das Licht völlig durchgängig, fangen aber alle strahlen vollständig auf. Das nämliche Verhalten r hinsichtlich der Reflexion. Völlig weifse Substanzen ren oder absorbiren, je nach ihrer eigenthümlichen Be

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 283.

Digitized by Google

erordentlich verschiedene Portionen von Wärme, ab-
ber alle Arten Lichtstrahlen auf gleiche Weise; denn
de sich bei ihnen Färbung zeigen, welche nothwen-
Vorschein kommen müfste, wenn einige Farbenstrah-
als andere reflectirt oder absorbirt würden. Aehnliche
de zeigen sich bei den Polarisationsphänomenen; der
ste Punct aber, welchen Melloni mit Recht hervor-
at, ist folgender. Alle Körper werden durch strah-
rme heifs, behalten die erhaltene Wärme noch eine
nach gänzlicher Entfernung der Quelle, und geben
rch Strahlung oder Mittheilung an umgebende Körper
, bei den meisten Körpern aber verschwindet das ab-
icht augenblicklich und nur wenige halten es so zu-
s sie nachher im Dunkeln leuchten[1]. Endlich aber
die absorbirten Wärmestrahlen gänzlich ihre Natur.
: unmefsbar schnellen Bewegung werden sie festge-
trahlen gröfstentheils nicht mehr, pflanzen sich un-
langsam nach allen Richtungen in den Körpern fort
n zu andern berührenden Körpern über. So lange
trahlen beider Wesen sich frei bewegen, zeigen sie
h in ihrem Verhalten, sie zeigen sich aber augen-
höchst verschieden, sobald der Gang ihrer Strahlung
ne Hemmung erfährt, sey es an der Oberfläche oder
n der Körper.

Wie sich aus dem Gesagten ergiebt, stellt Melloni
lichkeiten und Verschiedenheiten beider Wesen, des

---

[1] Melloni hat hierbei die *Phosphoren* durch Insolation im Auge, dieses kann man nicht sagen, dafs sie das aufgenommene ler abgeben, zumal da das nachher ausstrahlende phospho-ht oft von einer andern Färbung, als das aufgenommene ehr gilt das Phosphoresciren für eine Folge eingeleiteter Veränderung, und hiernach mufs dieser wesentliche Un-für einen absoluten gelten, sofern die absorbirten Wärme-ntgehalten, die absorbirten Lichtstrahlen aber sofort gänz-t werden. Vergl. Art. *Licht*. Bd. VI. S. 250. Aber auch en, das Phosphoresciren bestehe in einem Wiedergeben des enen Lichtes, so bleibt doch der Unterschied höchst auf-d die Verschiedenheit unverkennbar wesentlich, insofern estrahlen in gleichem quantitativen Verhältnisse von allen ufgenommen und wiedergegeben werden, die Lichtstrahlen lich verschwinden oder nur von einigen Körpern in sehr ge-uge wieder ausströmen.

Lichts und der Wärme, zusammen, ohne nur zu versuchen, d
eine angemessene Hypothese die eben aus dem Gegensatze
Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten hervorgehender Sch
rigkeiten zu beseitigen; denn sie würden nicht statt
wenn die Phänomene der Wärme von denen des Lichts
so verschieden wären, als die des Schalles, und sie würden
selbst wegfallen, wenn gar keine Verschiedenheit statt
Nach beiläufigen Aeufserungen ist Melloni nicht abgeneig
ner von Ampère[1] zur Erklärung aufgestellten Hypothese
zupflichten, und bei einer Gelegenheit spricht er diese
stimmt aus[2]. Hiernach besteht die strahlende Wärme aus
len, welche bei dunklen Quellen länger als die Lichtstrahlen
sind, aber bei Quellen, die zugleich wärmend und leuchtend
wirken, giebt es immer eine Gruppe von Wellen, die gleich
zeitig beide Eigenschaften des Leuchtens und Wärmens
Hiernach fiele der wesentliche Unterschied zwischen
Wärme und Licht weg; eine grofse Menge Aetherwellen
den auf unsern Körper fallend das Gefühl der Wärme
eine geringere Anzahl derselben aber die Eigenschaft
die Retina des Auges in eine gewisse schwingende
zu setzen, um das Sehen zu erzeugen. Nun ist aber
dafs die Wärmestrahlen einer dunklen Wärmequelle nicht
Wasser dringen; der Durchgang derselben fängt erst
an, wenn die Wärmequelle leuchtend wird, und ist auch
immer nicht bedeutend, weil das Wasser zu den wenig
thermanen Körpern gehört; wir dürfen daher nach
annehmen, dafs die aus einer leuchtenden Wärmequelle
henden Wärmestrahlen durch die Feuchtigkeiten des Auges
sorbirt werden und dafs blofs oder fast allein die leuchtenden
zur Netzhaut des Auges gelangen.

362) Die Idee, von der ungleichen Diathermanie
Körper eine Anwendung auf die Absonderung der Wärme
len von den Lichtstrahlen leuchtender Wärmequellen durch
Flüssigkeiten des Auges zu machen, ist zwar höchst
allein man darf sich dennoch nicht verleiten lassen anzu

1 Biblioth. univ. T. XLVIII. p. 225. Poggendorff's Ann.
161. Ann. de Chim. et Phys. 1835. Avril.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LX. p. 402 u. 418. Pogg
Ann. XXXVII. 486.

Digitized by Google

rdurch eine nur irgend genügende Erklärung der Sache sey[1]. Für gleich darf man die Wärmewellen und Lichtschon deswegen nicht annehmen, weil eben in dem ge- Falle die ersteren absorbirt, die letzteren aber durchge- rerden. Wir können aber, wenn wir uns auch blofs auf schiedenheiten in den Erscheinungen der Strahlung be- en, den Unterschied nicht füglich anders erklären, als wir neben einem eigenthümlichen Lichtäther auch einen *ümlichen Wärmeäther* annehmen, und ist dieses einmal den, dann verlieren die Unterschiede der Strahlungen hr Auffallendes und folgen nothwendig aus der An- Melloni theilt diese Ansicht vollkommen, und ob- r zugesteht, dafs mehrere Erscheinungen sich auf eine t beider zurückführen lassen, so giebt es doch andere, en dieses unmöglich ist. Hierher gehört nach ihm die (§. 71.) erwähnte Verrückung des Maximums der Wärme ntspectrum. Ist letzteres durch ein Steinsalzprisma ge- so liegt das Maximum der Wärme über die rothen Strah- naus, eine zwischengebrachte Wasserschicht rückt das- ber desto weiter nach den brechbarern Lichtstrahlen, je die ist; eine 4 Millim. dicke bringt es in die rothe Zone ne 300 Millim. dicke sogar in die grüne. Eine Glasplatte in geringerem Grade dasselbe, in beiden Fällen aber blei- e Verhältnisse der Intensität des Lichts in den einzelnen n des Spectrums wegen vollkommener Diaphanie der ein- leten Körper unverändert. Bringt man statt dessen dia- gefärbte Körper der verschiedensten Art dazwischen, so vinden gewisse farbige Lichtstrahlen gänzlich, die Wärme- t werden ungleich geschwächt, aber das Maximum der t und die einzelnen Zonen zu beiden Seiten desselben

---

[1] Die angegebene Hypothese führt zu einer andern, die eine bis erklärte Thatsache, das Nichtsehen gewisser Farben, wo nicht iren, doch an analoge Erscheinungen zu knüpfen vermöchte. man nämlich annehmen, dafs gewisse Flüssigkeiten ohne Für- ir gewisse Lichtstrahlen diaphan, für andere adiaphan wären, le aus dieser Eigenschaft, die das Licht mit der Wärme gemein lie bekannte *Achrupsie* abzuleiten sein. Vergl. Art. *Sehen*. Bd. VIII. Versuche zur Bestätigung oder Widerlegung dieser Hypothese sich leicht anstellen, es sind mir aber keine solche bekannt, ichst wahrscheinlich findet die Sache selbst nicht statt.

behalten dieselbe Lage, als wenn die nämlichen, von den
nenstrahlen durchdrungenen Körper ungefärbt sind. H
folgt also, dafs Licht und strahlende Wärme ihre unmit
Entstehung zwei verschiedenen Ursachen verdanken, ohn
mit jedoch die Undulationstheorie bei dem einen oder de
dern auszuschliefsen. Hiernach wird es dann auch m
seyn, Licht und Wärme vollkommen zu trennen. Die m
Substanzen aber, womit dieses möglich war, sind Wass
eine gewisse Art mit Kupfer gefärbtes grünes Glas. Das
Licht, welches durch letzteres durchgelassen wird und vo
besitzt, aber dennoch eine blaugrüne Farbe hat, wirkt m
wärmend auf die empfindlichsten Thermoskope, selbst
man dasselbe durch eine Linse so concentrirt, dafs es g
Glanz, wie das Sonnenlicht, zeigt.

363) Kommen wir noch einmal auf Ampère's Hy
(§. 16) zurück, so findet dieser allerdings die *langsame W*
leitung in den verschiedenartigen Körpern mit der Hyp
dafs auch diese durch Undulationen geschehen solle, nic
vereinbar, sucht diese Schwierigkeit aber dadurch zu
dafs er annimmt, es seyen hierbei blofs die Atome thät
aus nach seiner Ansicht die Molecüle der Körper beste
lein theils ist es eine blofse, durch keine entscheidenden
unterstützte Hypothese, wonach die bis jetzt als einfach
teten Molecüle aus Atomen zusammengesetzt seyn sollen,
theils ist es noch mehr rein hypothetisch, dafs die Wär
len blofs durch die Atome fortgepflanzt werden sollen, un
det noch obendrein auch darin, dafs alle Wellenbewe
eine grofse Geschwindigkeit haben und eine desto grö
feiner und compacter die sie fortpflanzenden Medien sind
bedeutendes Hindernifs, ein ganz unübersteigliches aber
Umstande, dafs nicht die Atome, sondern die Molecüle
die in ihnen strömende Wärme mehr von einander en
werden.

364) Forbes[1] scheint die eben mitgetheilten Ansi
gen Melloni's wenigstens theilweise mifsverstanden zu h
als ob darin Argumente gegen die Undulationstheorie des
tes und der Wärme enthalten wären, da es sich doch

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLVI. p. 246. Poggend
Ann. XXXVII. 501.

Digitized by Google

n bestehenden Unterschied zwischen beiden Wesen han-
is Hauptargument des französischen Physikers, welches
Thatsache hergenommen ist, dafs die Strahlen der Wär-
des Lichtes getrennt werden können, beweist nach sei-
cht nichts weiter, als dafs Licht nicht auch Wärme
aber auch aus andern Erfahrungen noch besser hervor-
nfserdem pafst nach FORBES dieser nämliche Einwand
die verschiedenen Arten von Licht, denn z. B. rothes
undurchdringlich für die gelben Strahlen, läfst aber die
urch. Hiergegen bemerkt aber POGGENDORFF mit Recht,
es eine Folge der verschiedenen Brechbarkeit der un-
ligen Lichtstrahlen sey, statt dafs Licht und Wärme
absorbirt werden, obgleich ihre Brechbarkeit unverän-
ibt. Hält man vor oder hinter ein gegebenes Prisma
ige Substanz, so werden alle übrige Lichtstrahlen, aufser
hfarbigen, ganz oder theilweise verschluckt, allein das
gsverhältnifs aller durchfallenden, sowohl der gleich-
, als auch der ungleichfarbigen, wird dadurch gar nicht
. Alle Lichtwellen, obgleich mehr oder weniger brech-
men daher dem nämlichen Lichtäther zugehören, wenn
Wärmestrahlen, wie auch umgekehrt alle Lichtstrahlen,
verschwinden, während im erstern Falle alle oder die
Lichtstrahlen, im andern die Wärmestrahlen bleiben,
fs in beiden Fällen die Brechungen eine Aenderung er-
so müssen sie verschiedenen, wenn auch einander ähn-
Aetherarten zugehören. Da die Interferenz der Wärme-
noch nicht aufgefunden ist, so soll nach FORBES die
tion und Doppelbrechung die einzige Stütze der Hypo-
yn, wonach die Wärmestrahlen aus Undulationen, und
s transversalen, bestehen, die ihrem Wesen nach iden-
d mit denen des Lichts. POGGENDORFF erinnert hier-
dafs die Interferenzen nicht für transversale Vibrationen
den würden, da sie auch bei longitudinalen statt finden
. Die beiden genannten Erscheinungen begründen übri-
s Vorhandenseyn der Undulationen bei der Wärme eben-
beim Lichte; wie weit aber die Identität derselben aus-
n sey, ist dadurch noch nicht ausgemacht. Soll sich
blofs auf die Form und die wesentliche Art des Ver-
beziehn, so ist hiergegen nicht wohl etwas einzuwen-
ollte man sie aber auch auf das beiden zum Grunde lie-

gende materielle Substrat ausdehnen, so wäre dieses wi
viel gefolgert, denn der grofsen Uebereinstimmung zw
den Schallwellen und Lichtwellen ungeachtet sind die
worin beide erzeugt werden, sehr von einander verschie

365) Durch die in neuester Zeit so oft wiederholte
der gröfsten Sorgfalt und mit den feinsten Mefswerkzeug
gestellten Versuche sind wohl alle Physiker zu der Ueb
gung gelangt, dafs die Wärmestrahlung auf Undulation
ruht, ähnlich denen, welche die Phänomene des Lich
zeugen. Hieran knüpft sich dann die Folgerung, d
Wärmewellen ebenso gut, als die Licht- und Schall
Interferenzen erzeugen müssen, und hierauf bezieht sic
die oben mitgetheilte Aeufserung von Forbes. Es lie
in der Natur der Sache, dafs es äufserst schwierig seyn
die Interferenzlinien für die Wärmestrahlen aufzufinden,
sie können nicht anders als sehr schmal seyn, und dann
uns kaum ein thermoskopischer Apparat zu Gebote, w
räumlich so feine Gröfsen zu messen im Stande seyn
um so weniger, als sie wegen Mangels an festen theo
Bestimmungen blofs durch Probiren gesucht werden müfsten.
blofs Forbes setzt daher als bekannt voraus, dafs sie
noch nicht aufgefunden worden sind, sondern auch Mi
bezweifelt zwar keineswegs ihre Existenz, glaubt aber a
es sey noch keine einzige Thatsache vorhanden, aus
sich irgend ein directer oder indirecter Beweis ihres Au
denseyns hernehmen lasse. Der Einzige, welcher wirkli
terferenzen der Wärmestrahlen wahrgenommen zu habe
sichert, ist Matteucci[2]. Dieser liefs die Strahlen eine
henden eisernen Kugel durch zwei Oeffnungen in einer
fallen, welche nur 1 Millim. Durchmesser hatten und
Mittelpuncte nur 2 Millim. von einander abstanden. Der
messer der eisernen Kugel betrug 45 Millim. und ihr A
von der Platte 80 Millim. Auf der anderen Seite der Pl
einer Ebene mit den Löchern befand sich die Kugel eine
pfindlichen Luftthermometers von 12 Millim. Durchmess
ren beide Hälften versilbert waren, mit Ausnahme eine

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 282.

2 Annali delle Scienze cet. 1832. Apr. Biblioth. univ. T. L
Poggendorff's Ann. XXVII. 462.

nen befindlichen schmalen geschwärzten Streifens von
Breite. Das Thermometer mit seinem Index aus roth
Schwefelsäure war in Achtel Reaumür'scher Grade ge-
ren Hälfte sich genügend schätzen liefs. Nach der
der geschwärzten Zone desselben, der Mitte beider
n gegenüber oder wenig seitwärts gegen diese, nahm
ei Unterschiede wahr, die 1° R. betrugen, indem das
eter regelmäfsig zwischen $16\frac{1}{4}°$ und $17\frac{1}{3}°$ variirte.
emerkte gegen diese Angabe, dafs die grofse Fläche
nden Kugel die Entstehung der Interferenzen schwer-
tte, auch begreift man in der That nicht, wie sie auf
ebene Weise entstehen könnten, Matteucci will aber
nwurf nicht gelten lassen und hat auch später die
i Versuche wiederholt[1], wobei er sich jedoch eines
i elektrischen Strom glühenden Platindrahtes bediente
he Resultate erhielt. Es scheint, als liefsen sich die
terferenzen leichter durch Reflexion erzeugen und auf-
as ich jedoch selbst unter verschiedenen Modificationen
zu erreichen gesucht habe, noch leichter aber dürften
i Refraction der Wärmestrahlen mittelst einer Stein-
zu erhalten seyn, nach Art der Glasplatten, welche
renzen der Lichtstrahlen zeigen.

Es dürfte hier der Ort seyn, die oben §. 99 abge-
i Untersuchungen über das eigentliche Wesen der
wieder aufzunehmen, denn wir haben so eben die ge-
Aeufserungen dieses räthselhaften Etwas, was wir
nennen, mit genügender Ausführlichkeit zusammenge-
d möglichst unparteiisch geprüft; die noch zu erör-
Erscheinungen der specifischen und latenten Wärme
leich einfacher und beweisen zunächst nur die Existenz
eriellen Wärmestoffes, was wir in Gemäfsheit der bis-
Untersuchungen ohnehin als bewiesen voraussetzen. Dür-
gleich nicht hoffen, zu einer eigentlich richtigen und
Kenntnifs des Wärmestoffes zu gelangen, so wird es
möglich sein, dasjenige zusammenzustellen, was nach
erigen Erfahrungen für ausgemacht gelten kann, um
der Kenntnifs des eigentlichen Wesens der Wärme
ns etwas näher zu kommen.

---

[1] Bibliothèque univ. T. LVII. p. 74. Poggendorff's Ann. XXXV. 558.

lung des Lichtes in Wärme, und wenn er sich geneigt
Ampère's (§. 16) Hypothese beizupflichten, so darf
Aeufserung wohl vorzüglich nur als eine Anerkenn
Scharfsinnes jenes berühmten Gelehrten gelten, um s
als es sich dabei blofs um eine Erklärung des langsam
ganges der Wärme in Körpern, verglichen mit der Sch
keit der Strahlung, handelt. Bei einer weiteren Au
dieses Problems gesteht Melloni[1] allerdings zu, dafs
Thatsachen mit der Identität des Lichts und der Wär
vereinbar sind, andere aber zeigen nach seiner Ansicht
dafs beiderlei Phänomene Wirkungen zweier verschied
sachen seyn müssen. Sein Beweis gründet sich haup
darauf, dafs verschiedene Substanzen die leuchtenden
strahlen durchlassen, die erwärmenden aber absorbiren,
einem solchen Grade, dafs z. B. wenn die Lichtstrahl
Wasser oder eine besondere Art mit Kupferoxyd gefä
gehen, die Wärmestrahlen gänzlich absorbirt werden,
dann selbst das durch eine Linse concentrirte Licht hel
tet, aber gar nicht erwärmt[2]. Hiernach mufs es, wen
andere das Licht erzeugende Strahlen geben, als diejen
welche erwärmen, weil bei der Gleichheit beider mit im
sten Lichte auch die gröfste Erwärmung verbunden wä
Beide, sowohl die Lichtstrahlen als auch die Wärm
lassen sich für sich und von einander getrennt darstel
müssen daher verschiedenen Undulationen zugehören.
Folgerung erhält noch mehr Gewicht, wenn man berück
dafs die stärksten Wärmestrahlen unter gegebenen Bed
aufserhalb des Farbenspectrums liegen, mithin da, wo
Lichtstrahlen mehr giebt. Nehmen wir alle diese Th
zusammen, so werden wir zur Vermeidung aller so
darbietender Schwierigkeiten lieber einen eigenen Wä
annehmen, als eigenthümliche, unter vielfachen Bed
nicht leuchtende, blofs erwärmende Undulationen des
äthers. Diese Hypothese hat auf den ersten Blick nicht
sich, es ergeben sich aber der Schwierigkeiten gar vie
sehr bedeutende, sobald man versucht, die sämmtlichen
verschiedenen Wärmephänomene mit ihr in Einklang zu

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LIX. p. 418. Poggendo
XXXVII. 486.

2 Vergl. oben §. 71.

Digitized by Google

9) Eine Menge dieser Schwierigkeiten fällt jedoch von
eg, wenn wir die Wärmephänomene mit Consequenz unter
klären und nicht verlangen, andere ihnen vollkommen
in der Natur zu finden. Wir müssen dieses schon dann
wendig zugestehn, wenn wir einen Wärmestoff eige-
annehmen, und dürfen es um so eher, da auch das
he Fluidum zwar Aehnlichkeit mit dem magnetischen
le aber dennoch grofse Verschiedenheiten unter sich zei-
zugleich auch von der Wärme und dem Lichte ver-
sind, obgleich allen ein gewisses ätherisches Fluidum
nde liegt, sie sich einander wechselseitig erregen und in
, auf Aehnlichkeit deutenden, Verhältnissen zu einander
Der hypothetische Wärmeäther kann in Undulationen
werden und dadurch die bekannten Phänomene her-
n, zugleich aber kann er an die Materie gebunden wer-
dafs er sich anhäuft, wie dieses beim Lichte der
nscheinlich nicht ist, und zwar je nach der eigenthüm-
schaffenheit der verschiedenen Körper in ungleichem
ren Verhältnisse, unter Umständen bis zum Verschwin-
r Aeufserungen, als latente Wärme. Berücksichtigen
ferner, dafs sich die Wärme als durchaus repulsives
igt, so wird es nicht schwer, einen wesentlichen
ed zwischen dem Wärmestoff und dem Lichtäther auf-
Letzterer ist durch das Universum verbreitet und
dulationen erzeugen die bekannten optischen Erschei-
er Wärmestoff aber, gleichfalls ein ätherisches Flui-
d in seiner Expansion durch die Anziehung gegen die
Materie bedingt, mufs sich demnach in den Körpern
diese aber wieder verlassen, hauptsächlich wenn die
; ihrer ponderabeln Molecüle eine Aenderung erleidet,
n er in gröfserer Menge darin vorhanden durch an-
er gesättigte stärker angezogen wird; seine Bewegung
t eine langsam fortschreitende, wenn er von Molecül
ll übergehen mufs, und eine strahlende, wellenartige,
se Molecüle fehlen oder zu weit von einander ab-
Der Wärmestoff zeigt diese seine wesentlichen Eigen-
die Expansion und Attraction, in keinem Phänomene

elektrische Fluidum scheint mir das gröbste unter diesen
d dürfte somit den Uebergang von der expansibeln Fluidis
erischen bilden.

deutlicher, als bei der Verdampfung, wobei er die Flü
keiten verläfst, zugleich aber Theilchen derselben mit
fortreifst.

370) Bis so weit ist die Hypothese, wonach die Er
nungen der Wärme auf ein ätherisches Fluidum mit Re
kraft seiner Molecüle unter sich und Anziehungskraft ge
andere Körper zurückgeführt werden, nichts weiter, al
Vereinigung unter sich und mit anderweitigen ähnliche
einstimmender Thatsachen unter ein allgemeines Prinz
hat somit die nothwendige Bedingung der Wahrschei
für sich. Die grofse Uebereinstimmung zwischen den
ten der Lichtstrahlen und der Wärmestrahlen kann kein
wurf gegen die Zulässigkeit dieser Hypothese abgeben
warum soll es nicht ähnliche Stoffe mit übereinstim
Wirkungen geben? Die so sehr zum Beweise der Identi
der in Anspruch genommene stete Verbindung von Li
Wärme verliert ihr Gewicht, wenn man die vom leu
Phosphor ausgeschiedene geringe Wärme und insbeson
Umstand berücksichtigt, dafs sich nach Melloni die
strahlen von den Lichtstrahlen gänzlich trennen lass
glühende Körper, in denen eine unermefsliche Menge
angehäuft ist, Wärme ausstrahlen und dafs die hierbei
dingten Wärmewellen zugleich den überall vorhandenen
äther in Schwingungen versetzen, kann, als blofse Th
aufgefafst, kein Hindernifs abgeben und scheint auch
tiefer eingehenden Erklärung keine unüberwindlichen Sch
keiten in den Weg zu legen. Soll aber die Hypothese
gemeine Gültigkeit gegründete Ansprüche machen, so
nothwendig näher angeben, wie es zugeht, dafs mit de
len der Sonne stets Wärmestrahlen verbunden sind, w
Aufgabe bietet so viele und grofse Schwierigkeiten dar,
anmafsend seyn würde, sie vollständig lösen zu wollen.
dieses zu beabsichtigen, mögen folgende Betrachtungen
zu dienen, die eigentliche Sachlage näher anzugeben.

371) Nach dem, was bis jetzt als ausgemacht gel
wir uns, wie es scheint, nur auf zweierlei Weise die
stellung hiervon machen. Nach der ersten und einfach
hen die Wärmestrahlen von der Sonne aus, die Unt
der Wärme begleiten die des Lichts und beide kom

Digitized by Google

der Erde an [1]. Ob die Wellen beider mit gleicher
hiedener Geschwindigkeit fortschreiten, kann nicht ent-
werden, denn auch bei sehr ungleicher Geschwindig-
ten die langsameren die schnelleren unlängst eingeholt
d sie fortdauernd begleiten. Am einfachsten würde
syn, die Sonne für einen im Zustande der stärksten
befindlichen und somit sowohl Wärme- als auch
len aussendenden Körper zu halten, welcher, im ab-
n Raume befindlich und von keinem die Wärme
len Körper in hinlänglicher Nähe umgeben, seine hohe
r nicht verlieren könnte, mithin stets leuchtend und
l bleiben müfste. Hierfür entscheidet nicht blofs die
nit irdischen, stark glühenden Körpern, sondern auch
e specifische Gewicht der Sonne, welches man leicht
nden Glühhitze beilegen könnte [2]. Dafür zeugt fer-
t die bis zur Erzeugung von Dampfform gesteigerte
der Kometen und Feuerkugeln, die unserer Erde die

---

[1] diese Vorstellung ganz verschieden von der oben (§. 72)
ist, wonach die Wärmematerie durch die Lichtwellen fort-
ird, darf kaum bemerkt werden. Hier wird angenommen,
ndulationen beider ätherischer Flüssigkeiten, des Lichts
irme, mit einander fortschreiten.

[2] vor mehreren Jahren habe ich Newton's ältere Hypo-
ach die Sonne ein stark weifsglühender Körper seyn soll,
rorgehoben, s. Schweigger's Journ. Th. XXV. S. 17, und
noch jetzt keinen Grund, hiervon abzugehen. Hierauf
die wiederholte Beobachtung, dafs da, wo Sonnenflecken
d, sich nachher Streifen zeigen, welche frappant denen
ie man bei dickflüssigen Massen nach dem Einsinken eines
ers in denselben gewahrt. Die früher durch Herschel auf-
n Vielen noch jetzt angenommene, Hypothese von einer um
ngehäuften Lichthülle, aufser welcher wir dann noch eine
annehmen müfsten, scheint mir mit der Vorstellung eines
end feinen und seiner Undulationen wegen höchst elasti-
all im Raume verbreiteten Lichtäthers ganz unvereinbar,
n Dingen die Hypothese von Löchern in dieser, noch oben-
hteten, Lichthülle, die einen Blick auf den dunklen Kern
den. Es ist in der That merkwürdig, dafs man einen auf
Beweise gestützten Satz so lange unangefochten ange-
. Man will durch geblendete Fernröhre in einer Entfer-
ll Millionen Meilen die eigentliche Beschaffenheit eines
genau wahrnehmen und vermag auf etliche Tausend
arze Flächen nicht von Fensterscheiben zu unterscheiden.

Meteorsteine zuführen, der ursprünglich feurig-flüssige
unserer Erde und sonstige Analogieen, die darauf führen,
Weltraume befindlichen, noch unveränderten, kosmische
sen für feurig-flüssig zu halten. Nehmen wir hinzu d
hellen Lichtstrahlen und die kräftigen Wärmestrahlen,
gleichzeitig von intensiv weifsglühenden Körpern ausg
stellt sich eine solche Uebereinstimmung zwischen den W
gen der Sonne und denen gewöhnlicher irdischer Kör
aus, dafs wir kaum Anstand nehmen könnten, der hie
einfachen Hypothese zu huldigen; allein bei näherer P
tung treten dennoch sehr gewichtige Schwierigkeiten
die sich nichts weniger als leicht beseitigen lassen. D
strahlen bestehen allerdings aus blofsen Undulationen de
äthers, welche ihrer Natur nach eben so wenig, als d
schallender Körper, eine Anhäufung gestatten; sowohl d
als auch der Schall verschwinden augenblicklich mit d
hören der Wellenbewegung, die Wellen der strahlende
aber werden zwar, wie jene, von den Körpern
lassen und reflectirt, häufen sich aber zugleich auch
während der strahlende Körper seine Wärme verl
der bestrahlte dieselbe auf. Man könnte diesen Ein
gehen, wenn man sagte, irdische Körper, bei denen w
Uebergang wahrnehmen, befänden sich nie in einem
kommen leeren Raume, als die Sonne, und der Ueb
strahlenden Wärme bei den ersteren sey eine Folg
glühenden Körper umgebenden, wenn auch noch so fe
terie und lasse sich daher nicht auf die Phänomene
übertragen. Hierdurch würden wir aber die gerade s
einfache Analogie der himmlischen und irdischen Ers
mit einer blofsen Hülfshypothese vertauschen, gegen d
lässigkeit noch obendrein der Umstand entscheidet, da
Wärmestrahlen der Sonne eben so, als die von irdis
pern ausgehenden, in den irdischen Körpern anha
können daher nicht wohl umhin, der Folgerung R
ben, dafs die Wärme auf gleiche Weise von der So
lend ausströme, als von irdischen glühenden Körp
wickeln uns dann aber hierdurch in alle die Schw
welche oben gegen die Wärmestrahlung der Erde
Himmelsraum geltend gemacht wurden. Allerdings g
Sache eine andere Gestalt, wenn wir die Verwan

Digitized by Google

n Wärme verwerfen und einen eigenen Wärmeäther enthümlichen Qualitäten annehmen; immerhin müfste h dieser von der Erde zurückströmen, um nicht auf der nz gegen alle Erfahrung, bis zur bleibenden unermefslenge angehäuft zu werden; die vorhandene Menge ethers mufs bei der Sonne abnehmen und im Weltnehmen, was, abgesehn von sonstigen Folgerungen, chon gegen die Natur eines ätherischen Fluidums streitet.

Die zweite Vorstellung, die wir uns von der Verdes Lichts und der Wärme in den Sonnenstrahlen maten, ist die, wenn wir annehmen, dafs die von der n und dadurch leuchtenden Sonne ausgehenden Lichtnen keine Wärmestrahlen mit sich führen, sondern t in der Atmosphäre und den irdischen Körpern erfach dieser, der durch Marschall v. Bieberstein ten (§. 83) sehr ähnlichen, Hypothese wäre im Raume ätäther vorhanden, der Wärmeäther eines jeden Himrs aber, mehr der Anziehung zur gröberen Materie folre in ungleichen quantitativen Verhältnissen an diesen, vorliegenden Falle an die Erde, gebunden, hätte das n seiner Dichtigkeit im Centrum der Erde und erhöbe abnehmend bis an die Grenze der Atmosphäre, wo n Theilchen desselben durch das Gleichgewicht ihrer mit der Anziehung gegen die wägbare Materie zuten würden. Diese Hypothese läfst sich durch eine cht unbedeutender Analogieen unterstützen, vorzüglich n berücksichtigt, dafs die Erregung der Wärmewel- die Undulationen des Lichtäthers mit andern Phänohr genau übereinstimmt. Der Lichtäther selbst wird Wärmeundulationen glühender Körper in Bewegung arum sollte das umgekehrte Verhalten nicht statt finf gleiche Weise wird die Elektricität, der wir gleichwellenartige Bewegung beizulegen wohl gezwungen n wir die aufserordentliche Geschwindigkeit der dyelektrischen Strömung vorstellbar machen wollen, ärme erregt, und die elektrische Strömung ruft ervor (§. 218). Nach dieser Hypothese müfste Wärmesphäre unserer Erde im Innern dieses Planeten e Dichtigkeit haben, weil dort die Anziehung gegen m stärksten ist, und sie müfste von hier aus abneh-

Digitized by Google

mend an der Grenze der Atmosphäre ihr Minim
reichen[1], woraus die noch immer unerklärte Kälte
höhern Regionen[2] als nothwendige Folge hervorging
eben dieser Hypothese würden ferner verschiedene En
gen zwar eine andere Gestalt bekommen, zugleich a
einander selbst und mit dem sonstigen Verhalten de
mehr übereinstimmen. Wenn angenommen wird, daſ
Gegenden unter der äquatorischen Zone ein aufser
starkes Strahlungsvermögen haben, weil bei ihnen
Hitze am Tage eine ungewöhnliche und wahrhaft
liche Kälte während der Nacht folgt, so wird di
zügliche Strahlungsvermögen als ein nothwendige
rungsmittel zu Hülfe genommen, ohne im mindeste
sache nachzuweisen, warum gerade dort die Strahlu
lich stark seyn soll. Nimmt man dagegen an, daſ
Gegenden die Sonnenstrahlen zwar von Wärmestrahl
Atmosphäre begleitet sind, sofern in letzterer der W
überall verbreitet ist, daſs aber ebendaselbst die W
Bodens bedeutend in Bewegung gesetzt und durch
gende heifse Luft in die Höhe gehoben, mithin de
fläche in grofser Menge entzogen wird, so muſs nach
hören dieses Impulses ein Gebundenwerden der Wär
hieraus also eine bedeutende Kälte entstehen, und
mehr, je weniger Feuchtigkeit vorhanden ist, welche
Wärme durch Erzeugung von Wasserdampf bindet
aber im Thau der Erde wieder zuführt. Es ist
gleich leichter, die Abkühlung, welche durch den
ner Wolke erzeugt wird, vom Aufhören der Wär
Wärmestoffes auf der Erdoberfläche abzuleiten, al
plötzlich eintretenden Strahlung gegen den heitere
welche, in den bezeichneten Gegenden auch am Tage

1 Hiermit stimmen die §. 291 erörterten Gesetze d
sung der Wärme durch expansible Flüssigkeiten überein.
dagegen einwenden, daſs die Wärme in die höheren Re
durch Fortleitung, sondern durch Strahlung gelange, so
gleich zugeben, daſs die strahlenden Wärmewellen, so w
und Schallwellen, im Fortgange abnehmen und endlich a
bei der mit der Höhe so bedeutend abnehmenden Wärme
füglich das Ende der Wärmewellen, die von unserer Er
in die Grenze unserer Atmosphäre setzen.

2 Vergl. Art. *Erde*. Temperatur der Atmosphäre. Bd.

Digitized by Google

| Nacht in vorzüglichem Grade wirksam, nothwendig
emeine Verminderung der Temperatur zur Folge haben
Hieraus liefse sich dann auch eine Erklärung des räth-
Phänomens entnehmen, worüber bereits[1] ausführlicher
t worden ist, nämlich die hauptsächlich für Menschen em-
e *Kälte* im Augenblicke des *Sonnenaufganges* und *Son-*
ganges. RICHARDSON[2] erzählt, dafs unter hohen nörd-
reiten die im Freien befindlichen Personen eine plötz-
lte in dem Augenblicke empfinden, wenn der obere
nd sich über den Horizont erhebt. Der aufgestellten
nach würde folgen, dafs der Anfang der Wärmeoscil-
in den oberen Regionen der Atmosphäre, wohin sich
mestoff dann zieht, so wie das Aufhören dieser Oscil-
beim Untergange der Sonne die hierfür vorzüglich em-
en Nerven der Menschen afficire.

| Es lafst sich hier noch eine Betrachtung anknüpfen,
war auf sehr unbestimmten Thatsachen beruhet, aber
einige Beachtung zu verdienen scheint. Wenn wir
n, dafs die Wärmestrahlen von der Sonne ausgehen
da zur Erde gelangen, so müssen diese eben so auf
ad fallen und von diesem gegen die Erde reflectirt
mithin müfsten die Mondstrahlen eine gleiche erwär-
raft besitzen, als die directen Sonnenstrahlen, weniger
Gröfse, welche durch die gröfsere Entfernung und in
r Absorption durch die Mondoberfläche verloren geht.
n verschiedensten, hierbei möglichen Bedingungen wol-
den einfachsten Fall annehmen, in welchem die Erde
Mond mit der Sonne ein gleichschenkeliges Dreieck
alglich die von der Sonne ausgehenden, gegen die Erde
n Lichtstrahlen einen längeren Weg zurückzulegen ha-
diejenigen, welche von der Sonne unmittelbar zur Erde
Setzen wir die mittlere Entfernung des Mondes von
= 55000 Meilen = a, den Halbmesser der Sonnen-
1, so beträgt die Länge des Weges, welchen die
n Mond gegen die Erde reflectirten Strahlen zu durch-
ben, 1 + a, und wenn die Intensitäten der Wärme-

---

t. *Temperatur.* Bd. IX. S. 965.
rrative of a second expedition to the shores of the Polar-
By Franklin. Lond. 1828. 4. App. II.

Google

strahlen sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfer… verhalten, so giebt dieses das Verhältnifs $(1+a)^2 : a^2$, … mit Weglassung der höheren Potenzen $1 + 2a : 1$. Der W… von a beträgt sehr nahe $\frac{1}{12}$, und die Intensität der re… ten Strahlen würde also durch den Einfluss dieser Br… 0,95 der direct anlangenden betragen, mithin müssten d… Monde zur Erde gelangenden Strahlen ohne Concentrirung Thermometer um 9°, 5 C. steigen machen, wenn a… Sonnenstrahlen um 10° C. steigt. Ungleich gröfser und … selbst nicht einmal mit genäherter Genauigkeit bestimm… der Einfluss der Absorption durch die Oberfläche des … Mondkörpers. Nach Melloni's (§. 325) Versuchen re… polirte Messing- und Bergkrystallflächen nur 0,44 de… lenden Wärmestrahlen. Wollen wir also annehmen, d… Oberfläche des Mondes tausendmal weniger reflectirte, … den durch die Mondstrahlen nur $0{,}00044 \times 9{,}5 =$ … Wärme erzeugt werden, aber auch diese geringe Grö… durch Forbes wahrgenommen worden seyn, wenn w… seinen (§. 100) angegebenen Bestimmungen Vertrauen … Auch diese Betrachtung liefert daher ein Argument, wa… nur ein schwaches, zur Unterstützung der Hypothese, … Wärmestrahlen nicht unmittelbar von der Sonne ausgeh… dern durch den Impuls der Lichtwellen in unserer Atm… und unserem Erdkörper erst erzeugt werden, denn alsdann … ten wir annehmen, dafs die schwachen Strahlen des … lichtes diese Wirkung zu äufsern nicht vermöchten. Wi… nen die Wärmeintensität der Intensität des Lichtes nicht … mein proportional setzen, wenn dieses auch für die … strahlen ohne nähere Prüfung angenommen wird. Wä… aber zulässig, so sind die Lichtstrahlen des Mondes 3… schwächer, als die des Sonnenlichtes im Mittage, … 30000fache Concentrirung der ersteren müfste also n… Wärme geben, was aber gleichfalls nach Forbes … nicht ist.

Obgleich keine directen Beweise für die Hypothese, … nach die Wärmestrahlen nicht von der Sonne selbst … sondern erst durch die Lichtwellen in der Atmosphäre … irdischen Körpern erzeugt werden, sich aufstellen lass… giebt es dagegen auch keine gewichtigen Gegengründe gegen … Zulässigkeit, und sie empfiehlt sich noch aufserdem durch …

Digitized by Google

it und durch den Umstand, dafs wir vermittelst der-
n unnatürliches stetes Ausströmen des Wärmestoffes
onne ohne merkbare Abnahme ihrer Temperatur, so
wohl naturwidrig zu nennende stete Wanderung des
offes von der Sonne zur Erde und von dieser wie-
wärts zu jener umgehen. Ein dagegen aufzustel-
gument ist leicht zu widerlegen. Man könnte sagen,
er Hypothese müsse die Wärme der Sonnenstrahlen
ren Höhen wegen geringerer Dichtigkeit des dortigen
iers weniger intensiv seyn, statt dafs die Thermometer
stärker afficirt werden (§. 53). Dieser Einwurf läfst
h beseitigen, wenn man berücksichtigt, dafs die Dich-
Wärmeäthers in den Körpern, die wir den Sonnen-
ussetzen, also auch in den dorthin gebrachten Ther-
, in jeder Höhe gleich ist und daher auch überall
he Intensität der Wärme durch die in ihnen erregten
dulationen erzeugt werden mufs; in der Luft selbst
len geringere Wärmemengen hervorgerufen, worauf
mit der Höhe zunehmende Kälte beruhet. Zur Anhäu-
Wärme in den von der Sonne beschienenen Körpern
Wärme genug in der Umgebung vorhanden, und sie
h das Licht um so stärker hervorgerufen, je weniger
Folge seines Durchganges durch die Luft geschwächt
ngsweise aber wird man dieser Hypothese die durch
Autoritäten als erwiesen betrachtete Wärmestrahlung
n heitern Himmel entgegensetzen. Dieses Argument
ngs schwer zu widerlegen, wenn man einmal zuge-
fs diese Strahlung in der Weise statt findet, als ge-
angenommen wird. Es läfst sich indefs Folgendes
agen. Viele mit dem *Aethrioskop* erhaltene Resultate
icher auf Täuschung. Es ist undenkbar, dafs in hei-
windstillen Nächten bei vollkommen ruhender Luft
Luftschichten nicht herabsinken sollten, um so mehr,
Luft bei Tage durch ihre Expansion zum Aufsteigen
ist[1]. Ein solches Niedersinken gewahrt man täglich
r in erwärmten Zimmern an Fenstern bei beträcht-

[1] *Thaue* wäre hiernach einfach nur der umgekehrte Procefs
igens der erhitzten, mit Wasserdampf beladenen Luft, wel-
Abkühlung des am Tage erwärmten Bodens von selbst er-
fste.

licher äufserer Kälte, und wollte man diese niedersin
Luftströme mit einem Aethrioskop auffangen, so wür
ganz gleiche Wirkungen wahrnehmen, die man doch s
lich als Folge einer Strahlung betrachten dürfte[1]. Gese
auch, dieses reichte zur Erklärung aller Phänomene de
lung nicht hin, so mufs doch nothwendig die aus den
Regionen durch die Lichtstrahlen herabgeführte Me
Wärmeäthers nach dem Aufhören dieses Impulses in di
ren Regionen wieder zurückkehren, und dieser Rück
dann die Strahlung. Dabei wird stets vorausgesetzt,
Wärmefluidum durch zwei Kräfte sollicitirt wird, die
Molecülen eigenthümliche Expansivkraft und die nich
von ihnen unzertrennliche Anziehung gegen die Mol
wägbaren Materie; beide streben nach stabilem Gleich
und stellen dieses wieder her, wenn es durch irgend e
sache gestört ist.

Im Ganzen möge diese, vielen Erscheinungen leich
passende, Hypothese als ein Versuch gelten, die ver
Functionen der Wärme aus einem andern Gesichtspun
trachten und unter sich selbst sowohl, als auch mit
kannten Naturgesetzen überhaupt mehr in Einklang zu
als bisher geschehen ist.

4) Wärmecapacität der Körper, specifische und relative Wärme.

374) Wenn irgend ein gegebener Körper eine gewis
peratur hat, die nach einer willkürlichen Thermometer
messen = t seyn möge, ein anderer Körper aber eine hier
weichende, die nach derselben Scale gemessen = t' ist, u
werden mit einander vereinigt, so zeigt die Wärme be
der Vereinigung ein sehr verschiedenes Verhalten. Sin
die Körper einander gleich, also wenn man z. B. W
Wasser, Quecksilber mit Quecksilber, Eisen mit Eisen
det, so ist die Wärme dem arithmetischen Mittel der

1 Das Herabsinken kälterer Schichten tropfbarer Flü
erfolgt mit solcher Feinheit, dafs man dadurch das Maxim
Dichtigkeit aufzufinden vermag, s. §. 380, warum sollte es
sibeln Flüssigkeiten nicht gleichfalls statt finden? In beide
ist dann Ruhe nothwendige Bedingung, statt dafs für ei
Wärmestrahlung das Ruhen der Luft nicht erfordert wird.

Digitized by Google

früher vorhandenen gleich. Sind daher beide vereinte einander gleich, so ist die Wärme T nach der Ver-

$$T = \frac{t + t'}{2},$$

die Massen verschieden und heifsen sie m und m′,

$$T = \frac{m\,t + m'\,t'}{m + m'}.$$

sdrücke sind eigentlich identisch, sofern bei der ersten ssen der Einheit gleichgesetzt werden. Vereinigt man en zwei verschiedene Körper, so erhält man sehr ab- e Werthe = T′, wobei T′ bald gröfser, bald kleiner f. Hieraus folgt evident, dafs die Menge von Wärme nz eigentlich quantitativer Bestimmung, wenn man von illkürlichen Puncte der Thermometerscale, am besten lpuncte derselben, ausgeht), welche die Temperatur des gebenen Körpers durch Hinzukommen vermehrt oder egnehmen vermindert, für gleiche Mengen von Gra- t verschieden ist. Bezieht man dieses auf die Massen er, die durch das Gewicht bestimmt werden, so erhält jenige, was Wilke durch *eigenthümliche*, Crawford *mparative* Wärme oder *Wärmecapacität* der Körper, durch *wärmebindende Kraft* bezeichneten, was man ter specifische Wärme (*calor specificus;* chaleur speci- *pecific Caloric*) genannt hat. Herschel [1] bemerkt, lange vergebens gestrebt habe, den Grund dieser räth- Erscheinung aufzufinden, bis endlich die atomistische einen Schlüssel zu ihrer Lösung darbot.

) Der Erste, welcher diesen Unterschied der Körper war Boerhave [2], indem er durch Fahrenheit Mi- rersuche anstellen liefs; allein diese waren theils zu un- theils wurden sie von ihm unrecht gedeutet, indem er die Wärme der Mischung müsse der halben Differenz mperaturen beider verbundenen Massen gleich seyn, und konnte er zu keinem genügenden Resultate gelangen.

---

[1] Encyclop. metrop. Art. *Heat.* p. 304.
[2] Elementa chemiae T. I. p. 296.

Der grofse Irrthum wurde sehr bald durch Richmann[1] b
bessert, indem er das nach ihm genannte *Richmann*'sche Ge
aufstellte, dafs $T = \frac{mt + m't'}{m + m'}$ ist, woraus sich auch di
the von m' oder t' für ein bekanntes T auffinden lasse, u
ausgesetzt dafs die Versuche sich mit absoluter Genau
anstellen lassen. Es versteht sich jedoch von selbst, dafs
ses Gesetz nur für gleiche Körper, z. B. Wasser mit W
Quecksilber mit Quecksilber u. s. w., gültig ist. Un
richtigeren Principien ging Black[2] aus, indem er re
1760 und 1765 nicht blofs das eben erwähnte Gesetz
sondern auch die Methode der Vereinigung verschiedener
per zur Auffindung ihrer specifischen Wärme anwandte, in
chem Bemühen ihm Irvine[3] folgte. Die Bemühungen
wurden erst später durch Crawford bekannt, na
Wilke[4] die Aufgabe im Jahre 1772 im weiteren Umfa
handelt hatte, dessen erhaltene Resultate um so gröfsere
sehen machten, je entscheidender sie in dem Streite üb
eigentliche Wesen der Wärme waren. Zur Untersuchung
ihn die Beobachtung, dafs der Schnee beim Schmelzen
dauernd Wärme aufnimmt, ohne Erhöhung seiner Temp
woraus er schlofs, dafs die Mengen der in verschiedene
pern enthaltenen Wärme ungleich seyn könnten. Obgle
Phänomen bekanntlich zur latenten Wärme gehört, scheint
es doch die Aufsuchung der specifischen Wärmecapacität
Wilke auf folgende Weise verfuhr. Er erhitzte den gep
Körper bis zu einer gewissen Temperatur, tauchte ihn
ein gleiches Gewicht eiskalten Wassers, mafs die Erhöhu
Temperatur, und berechnete dann nach Richmann's Re
viel Wasser von der Temperatur des eingetauchten Kör
Hervorbringung einer gleichen Temperatur, als die gefunde
forderlich seyn würde; hierdurch erhielt er das gesuchte V
nifs zum Wasser. Nach der angegebenen Formel ist diese

$$m' = m \frac{T - t}{t' - T}.$$

1 Nov. Comment. Petrop. T. I. p. 152. 168 ff.
2 Lectures on nat. phil. T. I. p. 79. 504.
3 Chemical Essays.
4 Neue Schwed. Abhandl. Leipz. 1784. T. II. p. 48. Journ. Phys. T. XXVI.

Digitized by Google

e erhitzte z. B. ein Goldstück bis 100° C., warf es dann gleiches Gewicht eiskaltes Wasser und fand die Tem- 5° C. Hier ist also m der Einheit gleich, T = 5, , t' = 100° C., mithin m' = $\frac{5}{95}$ oder = $\frac{1}{19}$, und also das Gold nur $\frac{1}{19}$ so viel Wärme, als Wasser von glei- Temperatur, oder die specifische Wärme beider verhält ie 1 : 19. Wilke giebt zu verstehn, dafs Klingen- a ihn auf die Idee dieses Unterschiedes geführt habe, el[1] aber erfuhr von Thomson, dafs nach einer Erzäh- Robison's ein schwedischer Edelmann bei Black die he um das Jahr 1770 sah und seinem Landsmann eine ht davon mittheilte.

α) Methode der Mischungen.

6) Die angegebene Methode, verschiedene Körper mit r zu vereinigen (*methodus mixtionis;* méthode des mé- *method of mixtures*) und die specifische Wärme aus lleren erzeugten zu bestimmen, wurde also zuerst durch und Irvine in Anwendung gebracht, vorzüglich aber Adair Crawford[2]. Sind zwei Körper, welche A und n mögen, gegeben, nennt man ihre Massen, wie oben, m', ihre Temperaturen t und t', die gemeinschaftliche ratur T, und werden ferner ihre zu vergleichenden Ca- n durch c und c', die in der Einheit der Masse jedes s bis zu 0° enthaltenen absoluten Wärmemengen durch x' bezeichnet, so ist

$$mx + mct$$

ammtmenge der Wärme im Körper A;

$$m'x' + m'c't'$$

ammtmenge der Wärme im Körper B;

$$mx + m'x' + mct + m'c't'$$

ammtmenge beider vor der Mischung;

$$mx + m'x' + (mc + m'c')\,T$$

ammtmenge beider nach der Mischung; also

$$(mc + m'c')\,T = mct + m'c't'.$$

Encyclop. metrop. art. *Heat.* p. 304.

Experiments and observations on animal heat and the inflam- of combustible bodies, being an attempt to resolve these phae- into a general law of nature. Lond. 1779. sec. ed. 1788.

Digitized by Google

Dieser allgemeine Ausdruck läfst sich auf mehrfache W
Anwendung bringen. Ist zuerst die Frage, ob die Ca
der Körper sich für verschiedene Temperaturen nicht
so mufs für gleiche Körper die Temperatur nach der M
das arithmetische Mittel aus den Temperaturen beider
Körper seyn. Mischt man z. B. gleiche Mengen von Q
silber, deren Temperaturen 100° und 50° sind, so ist
und $c = c'$ wird vorausgesetzt. Die Formel wird dann

$$T = \tfrac{1}{2}(t + t') = \tfrac{1}{2}(100° + 50°) = 75°.$$

Der Versuch bestätigt dieses Resultat, und es liegt d
der Beweis, dafs nicht blofs für Quecksilber, sondern
andere Körper die Capacitäten bei ungleichen Temper
verändert bleiben. Neuere Untersuchungen haben zwa
dafs dieses Gesetz nicht in aller Strenge richtig ist,
würde sich ein Unterschied zeigen, wenn man die W
mengen des Quecksilbers nach seiner Ausdehnung
wollte; immerhin ist dasselbe aber annähernd richtig
so genau, dafs es erst feinerer Versuche bedurfte, u
ringen Abweichungen wahrzunehmen.

Will man die Wärmecapacität zweier Körper
oder ihre *relative specifische Wärme* auffinden, so
diese aus der Formel:

$$\frac{c'}{c} = \frac{m\,(T - t)}{m'\,(t' - T)}.$$

Aufser dem angegebenen Beispiele kühlte Wilke ein
erhitztes Stück Glas in einem gleichen Gewichte W
0° C. ab und fand die Temperatur nachher = 12°,75
ist also

$$m = m';\ t = 0;\ t' = 86°;\ T = 12°,75,$$

mithin

$$\frac{c'}{c} = \frac{12°,75}{86° - 12°,75} = 0,174$$

oder die specifische Wärme des Glases ist = 0,174, w
des Wassers = 1 ist.

Man kann die Methode der Mischungen auch a
wenn es sich darum handelt, hohe Temperaturen von
zu bestimmen, deren Wärmecapacität bekannt ist.

Digitized by Google

oben bereits geredet [1], und wir wollen daher nur mit
iltung der gewählten Bezeichnungen die Sache durch ein
l erläutern. Nach der Formel ist

$$t' = \frac{(mc + m'c')\,T - mct}{m'c'};$$

s, nach dem Versuche von Wilke, ist

$$m = m';\ t = 0;\ c = 1;\ c = 0{,}174$$

$$T = 12°{,}75,$$

$$t' = \frac{1{,}174 \times 12{,}75}{0{,}174} = 86.$$

Anwendung dieses Verfahrens erfordert inzwischen
leicht sich darbietende Correction, dafs diese nicht
n einem sachkundigen Experimentator übersehn wer-
fte. Es wird nämlich nicht blofs das Wasser durch
ingebrachten Körper erwärmt oder abgekühlt, sondern
Gefäfs, worin sich dasselbe befindet. Inzwischen ist
schwer, die hierfür erforderliche Correction anzubrin-
liche darin besteht, dafs man das Gefäfs nach seiner
id specifischen Wärme auf eine äquivalente Masse Was-
ndirt und sie der Masse des Wassers hinzuzählt. Ist
se des Gefäfses = (m), seine specifische Wärmecapaci-
(c), die des Wassers = c, so ist die auf Wasser redu-
use $\mu = (m)\,\frac{(c)}{c}$, und indem man sie der Masse des
hinzusetzt, erhält man statt m in der angegebenen
$m + \mu$, wofür man auch M setzen kann. Wird eine
on Versuchen angestellt, so bleibt μ eine beständige
die jederzeit zu m addirt werden kann, wenn letzteres
chselt, und sollte (c) unbekannt seyn, so kann man
r dem Beginne der Versuche erst aufsuchen. Nach
el ist:

$$(c) = \frac{mc\,(T - t)}{(m)\,(t' - T)} \text{ und } (m)\,\frac{(c)}{c} = m\,\frac{T - t}{t' - T}.$$

heilt ein Beispiel von Crawford mit, welches von
Centesimalgrade reducirt ist. Crawford gofs 40 Un-

Thermometer. Bd. IX. S. 1017.
raité. T. IV. p. 699.

Digitized by Google

zen Wasser von 20°,0833 in ein Gefäfs von Weifsblech, ches 42°,916 erwärmt war, und fand nach einigen Min Wärme = 20°,555. Hier ist also m = 40; t = t' = 42°,916; T = 20°,555, und daraus liefsen sich d zelnen Werthe finden; es genügt aber, den Werth als constante Gröfse zu erhalten, und dieser findet si Substitution = 0,84; das untersuchte Gefäfs war also Versuchen 0,84 Unzen Wasser gleich zu setzen.

Eine zweite Quelle, woraus bedeutende Fehler d der Messungen entspringen, liegt in der Ausstrahlung strahlung der Wärme bei denjenigen Apparaten, die d wandt werden. Am einfachsten läfst sich dieses H mindestens zum grofsen Theile, beseitigen, wenn m vorläufigen Versuchen die Erhöhung oder Verminder Temperatur ermittelt, welche durch die Mischung v wird, und dann vor dem eigentlichen Versuche den Ap die Hälfte unter oder über diese Temperatur bringt, sich also voraussetzen läfst, dafs demnächst durch Au an die Umgebung eben so viel verloren, als durch die E lung gewonnen wird, und beide Fehler sich somit aus Neuerdings hat Neumann[2] auf den Grund der Ausstr gesetze nach Fourier's Bestimmung die Mittel zur C dieses Fehlers angegeben, allein die genaue Auffindung merischen Werthe ist in den einzelnen Fällen mit seh Schwierigkeiten verbunden[3]. Endlich versteht sich v dafs die vollständige Vereinigung der Körper zur Bestimmung ihrer anfänglichen und nachherigen Te so wie die Richtigkeit der gebrauchten Thermometer zu berücksichtigen sey.

---

1 Man benennt diese Methode nach ihrem Erfinder R *Methode.* S. Gilbert's Ann. XLIV. 8.

2 Commentatio de emendanda formula perquam calores specifici ex experimentis methodo mixtionis institutis cem Regiom. 1834. 4.

3 Beispiele der Anwendung beider Hülfsmittel zur Ve der hieraus hervorgehenden Fehler findet man in den folgende suchungen mehrere.

Digitized by Google

β) Eis-Calorimeter.

Seit dem Jahre 1777 benutzten Lavoisier und La-
las von ihnen erfundene Eiscalorimeter[2] zur Bestim-
specifischen Wärme der verschiedenen Körper. Die
ıg dieses Apparates beruhet auf dem Principe, dafs
ıe gewisse Quantität Wärme bedarf, um in flüssiges
erwandelt oder geschmolzen zu werden, und man
aher aus der Quantität des geschmolzenen Eises auf
des in dem Körper bei einer gewissen Temperatur
ı Wärmestoffes, welchen er zum Schmelzen des Ei-
ıt, bis er selbst zur constanten Temperatur desselben,
ım Nullpuncte der achtzigtheiligen oder hundertthei-
', gelangt ist. Biot bemerkt, dafs hierbei vorsichtig
ıdung des tiefer als bis 0° C. kalten Eises vermie-
ı müsse, weil sonst eine gewisse Quantität Wärme
werde, um dasselbe bis zu dieser Temperatur zu er-
und daher wendet man solches Eis an, welches ge-
ıgriff ist zu schmelzen, so dafs man die Menge des
ı Wärmestoffes aus der Quantität des geschmolzenen
erechnen kann. Hiernach ist zugleich erforderlich,
den Versuch nicht eher beginnt, als bis das geschmol-
ıer anfängt abzutröpfeln, weil sonst eine Quantität
in den Zwischenräumen der Eisstücke zurückbleiben
Obgleich das Eis, durch dessen Schmelzung man die
theilte Wärme zu messen beabsichtigt, gegen das Ein-
r Wärme von aufsen durch die Wandungen des Ca-
vermittelst des umgebenden Eises geschützt ist, so
loch dem Eindringen der äufseren Luft in den inne-

—

, de l'Acad. de Par. 1780. Mémoires de Chim. T. I. La-
é élém. de Chim. Par. 1805. T. II. p. 76. Ann. de Chim.
p. 75.

l. *Calorimeter*. Bd. II. S. 9. Nachträglich bemerken wir,
oon in Philos. Trans. T. LXXIV. p. 371 verschiedene
n gegen die Brauchbarkeit dieses Apparates gemacht hat,
er meistens auf die Form beziehn und auf Fehler, die
n begehn sind, von einem geübten und behutsamen Ex-
aber vermieden werden können. Inzwischen können we-
fsen Menge der zum Schmelzen des Eises erforderlichen
beträchtliche Wärmemengen damit gemessen werden und
ziehung steht dieser Apparat dem neuerdings gangbareren
meter nach.

ren Behälter und der hierdurch zugeführten Wärme nic
ständig begegnen. Das Verschliefsen mit einem poli
daher die Wärmestrahlen stark reflectirenden Deckel ist
gutes Mittel, wenn die Versuche dieses gestatten, und
dig könnten die hieraus erwachsenden Fehler vermie
den, wenn die Versuche in einer Umgebung von ge
Temperatur angestellt würden, was jedoch nur selte
im Ganzen aber ist der hieraus hervorgehende Fe
grofs, insbesondere wenn die Temperatur der Umge
viel von 0° C. abweicht. Inzwischen räth Biot, ihn
giren, indem man zwei möglichst gleiche Calorimeter
deren einer blofs dem Einflusse der in sein inneres G
dringenden Luft ausgesetzt ist, wodurch man in Sta
wird, diese Gröfse für sich zu finden und von der
wirkung beim andern Calorimeter abzuziehn. Ist man
völligen Gleichheit beider nicht überzeugt, so darf
den Versuch doppelt anstellen und dabei die Calorim
seln, um den aus der Ungleichheit entstehenden Fe
fernen.

Unter der Voraussetzung, dafs die Menge der
Körper enthaltenen Wärme den Graden des Thermom
portional ist, werden die Mengen des geschmolzenen
sen gleichfalls proportional seyn, und wenn daher d
per 10° warm ist und durch Abkühlung im Calorim
logramm Eis schmelzt, so wird er bis 20° erwärm
gleichfalls zu 0° abgekühlt 2 Kilogramm und bei 3
3 Kilogramm schmelzen. Dieses ist im Ganzen ric
destens sind die Ausnahmen hiervon sehr klein, me
Verschwinden, vorausgesetzt, dafs der Körper durch
kühlung bis 0° C. seinen Aggregatzustand nicht ä
ferner die Masse des Körpers = 1 und schmelzt e
bis 0° erkaltend die Einheit von Eis, so wird eine
selben = n auch n Einheiten Eis schmelzen, was o
zeigt, dafs der Wärmestoff nach ganz eigentlich q
Verhältnissen in ihm vorhanden ist. In Rücksicht d
ist dieses Verhältnifs völlig genau, sofern man von
lichen Temperaturen ausgeht, also die einfache und d
Masse bis 10° oder 20° oder t ° erhitzt. Alles
jedoch nur für die nämlichen Körper gültig, es wer
ganz abweichende Resultate erhalten, sobald man ver

Digitized by Google

anwendet, und hierauf eben beruhet der Unterschied ifischen Wärme.

) Um zu einem festen Anhaltpuncte zu gelangen, neh- als Einheit diejenige Wärmemenge an, welche erfor- it, um 1 Kilogramm Eis bei 0° C. zu schmelzen. Es n ferner x die unbekannte Wärmemenge, welche bei 0° C. Kilogramm des Körpers A in was immer für einem des Gebunden- oder Ungebundenseyns vorhanden ist. Temperatur dieses Körpers A bis zu T Graden des Thermometers erwärmt, und schmelzt er dann, in imeter gebracht und bis 0° erkaltend, N Kilogramme 0°, so müssen wir annehmen, dafs ihm durch seine ng bis zur Temperatur T so viel Wärme zugeführt diese Masse Eis zu schmelzen erfordert wird. Setzen

$c = \frac{N}{T}$, so drückt dieser Quotient die Menge der me Eis aus, welche der Körper dadurch zu schmelzen dafs er sich um 1 Grad seiner Temperatur abkühlt rad der von ihm aufgenommenen Wärme wieder ab- ir jede andere Temperatur t drückt dann $x + ct$ die r A vorhandene gesammte Wärme aus, und ct giebt in Kilogrammen die Menge des Eises an, welches er kühlung bis 0° C. zu schmelzen vermag. Ist seine Masse, nach Kilogrammen gerechnet, $= m$, so ist die welche er bei 0° C. enthält, $= mx$ und diejenige, r bei t Graden Temperatur enthält, $= mx + mct$, lso mct gleichfalls die Menge von Eis ausdrückt, rch Abgabe eines Grades seiner Temperatur zu schmel- g. Dieses findet indefs nur Anwendung auf die näm- rper und nur so lange, als sie ihren Aggregatzustand ern; für verschiedene Körper aber oder für die näm- verändertem Aggregatzustande findet dagegen ein an- rth von c statt und dieses ist eben, was man speci- rme nennt. Ist der Körper in *fester Gestalt* und seine specifische Wärme auffinden, so erhitzt man bestimmte Masse m desselben bis zu t Graden, bringt Calorimeter, läfst ihn darin bis 0° C. erkalten, mifst die durch ihn geschmolzenen Eises $= n$ und erhält dann:

$$mct = n, \text{ also } c = \frac{n}{mt},$$

wodurch seine specifische Wärme bestimmt ist. La
und Laplace machten z. B. folgenden Versuch, welch
auf neues französisches Mafs und Centesimalgrade der
ratur reducirt hat. Sie erhitzten ein Stück Eisenblech
Kilogramm schwer in siedendem Wasser bis 97°,5 C.,
es in das Calorimeter, und als es nach 11 Stunden
erkaltet war, hatte es 0,542004 Kilogramm Eis ge
Hieraus ergiebt sich

$$c = \frac{0{,}542004}{3{,}77264 \times 97{,}5} = 0{,}0014735.$$

Es folgt einfach aus der Natur der Sache, dafs man
Centesimalthermometers jedes andere und ebenso statt des
ten neufranzösischen Gewichtes jedes andere in A
bringen könne. Das Gewicht ist hierbei ganz willkürlich
kommt sowohl im Zähler als auch im Nenner der F
da sich aber die Thermometergrade blofs im Divisor b
die Formel überhaupt angiebt, wie viel Eis durch
der gewählten Scale geschmolzen wird, so mufs de
so viel kleiner seyn, je mehr Grade des gewählten T
ters einem gewissen Unterschiede der Temperatur
Will man daher den gefundenen Quotienten auf e
Thermometerscale reduciren, so darf man ihn nur
Verhältnisse der Thermometerscalen multipliciren, a
gebenen Beispiele mit $\frac{100}{80}$, wenn man statt der Cente
Reaumür'sche verlangte. Es ist aber

$$0{,}0014735 \times \tfrac{4}{5} = 0{,}001841875,$$

und eben diese Gröfse wurde ursprünglich von Lav
Laplace gefunden. Sie nahmen 7,7070319 Pfund
78° R. Temperatur und erhielten 1,109795 Pfund
zenes Eis. Hiernach ist

$$c = \frac{1{,}109795}{7{,}7070319 \times 78} = 0{,}001841875,$$

wie oben. Uebrigens ist die Gröfse c nur eine re
dient dann, wenn man die Normaleinheit festgesetzt
zur Vergleichung.

379) Sollen die specifischen Wärmen flüssiger K
stimmt werden, so kann man diese nicht unmittel
Calorimeter bringen, sondern in einem Gefafse einge

Digitized by Google

findet hierbei dann die nämliche Correction statt, welche
Methode der Mischungen für das Gefäfs, worin das
ssen bestimmte Wasser enthalten ist, in Anwendung
wurde. Ist demnach die Masse des Gefäfses, worin
zu untersuchende Flüssigkeit befindet, = m, die spe-
Wärmecapacität seines Stoffes = c, bezeichnen m′ und
nämlichen Gröfsen für die Flüssigkeit, t die gemein-
ie Temperatur beider und n die Menge des geschmol-
ses, so ist

$$mct + m'c't' = n, \text{ also } c' = \frac{n - mct}{m't}.$$

ER und LAPLACE z. B. nahmen zur Bestimmung der
ien Wärme der Salpetersäure 4 Pfund dieser Flüssig-
gossen sie in ein Glas von 0,53125 Pfund Gewicht, des-
ifische Wärme für die achtzigtheilige Scale = 0,003215
war. Die Erwärmung wurde in siedendem Wasser
R. gebracht und es fanden sich nach 5 Stunden
Pfund Eis geschmolzen. Hierin ist n = 3,66406;
3125; c = 0,003215; t = 80°; m′ = 4, also

$$\frac{3{,}66406 - 0{,}53125 \times 0{,}003215 \times 80}{4 \times 80} = 0{,}0110232$$

die Centesimalscale = 0,00881856. Als sie auf gleiche
it Wasser verfuhren, fanden sie, dafs 1 ℔. Wasser bei 60°
'5° C. gerade 1 ℔. Eis schmolz. Für Wasser ist also der
on c′ = 0,01666 .... nach der achtzigtheiligen Scale
,01333.... nach der Centesimalscale. Dividirt man die
e Substanzen gefundenen Werthe von c′ mit der ei-
der andern dieser Gröfsen, so erhält man für die Reau-
oder die Centesimalscale die relativ specifischen Wär-
eistens nimmt man aber zur leichteren Uebersicht die
: Wärme des Wassers als Einheit an und vergleicht
übrigen. Es findet sich dann die des Quecksilbers
d. h. wenn eine gegebene Menge Wasser durch 1°
dust 1 Pfund Eis zu schmelzen vermöchte, so würde
Quecksilber nur 0,029 Pfund zu schmelzen vermögen,
he Masse Wasser aber würde nur 0°,029 Wärme ver-
d dadurch eine gleiche Masse Quecksilber um 1° er-
Hierbei ist die Thermometerscale gleichgültig, denn
pafst für alle auf gleiche Weise.

Digitized by Google

380) Das Eiscalorimeter läfst sich, wie Biot[1] b
auch noch zu andern Untersuchungen, als zur Auffind
specifischen Wärme benutzen. Verschiedene *chemisch*
bindungen erzeugen bekanntlich Wärme, und will man
Menge kennen lernen, so erkältet man sie einzeln bis
verbindet sie dann und mifst die entbundene Wärme
der Menge des durch sie geschmolzenen Eises. La
und Laplace gossen 1,5 Pfund Wasser zu 2 Pfund Sch
säure von 1,87051 specifischem Gewicht, beide bei 0° T
ratur, brachten sie vereint in das Calorimeter und
3,1406 Pfund geschmolzenes Eis, woraus folgt, dafs
der vereinten Flüssigkeiten 0,8973 Pfund Eis zu
vermag. Selbst wenn Körper durch ihre Vereinigung
binden, kann man den bewirkten Wärmeverlust dam
Hierzu ist erforderlich, sie vor ihrer Vereinigung
erhitzen, dafs sie vereint nicht bis 0° C. erkalten,
Menge Eis zu bestimmen, die sie vereint bis zum
auf 0° C. schmelzen, und indem man diese Grö
Menge des Eises abzieht, die sie vom Puncte ihrer
an bis zum Herabsinken auf 0° C. geschmolzen hab
so ergiebt sich die Menge der verschluckten Wärme.
nommen die Mischung sey in ihren einzelnen Th
Grade erwärmt, sie habe durch die Vereinigung x G
loren und dann noch eine Menge Eis = a geschmolz
für eine Masse = m′ und eine specifische Wärme =
fenbar

$$m' c' (t - x) = a.$$

Um den Werth von c′ zu ermitteln, darf man nur
vereinte Masse bis t′ Grade erwärmen, dann im Ca
bis 0° erkalten lassen, um die Menge des geschmolz
= a′ zu erhalten, wodurch man

$$m' c' t' = a'$$

erhält. Nimmt man hieraus den Werth von m′ c′
ihn in die erste Gleichung, so ergiebt sich

$$x = \frac{a' t - a t'}{a}.$$

Dafs sich vermittelst des Eiscalorimeters auch noch

1 Traité. T. IV. p. 401.

Digitized by Google

sen lassen, namentlich die Bestimmung der durch den
ocefs oder durch Verbrennung erzeugten Wärme, darf
nt vorausgesetzt werden und gehört nicht eigentlich
rliegenden Aufgabe.

γ) Wassercalorimeter.

Hauptsächlich zur Bestimmung der specifischen Wär-
expansibelen Flüssigkeiten hat man sich häufig des
lorimeters von verschiedener und mehrfach abgeänder-
ruction bedient, wobei jedoch im Allgemeinen das
um Grunde liegt, dafs die in den untersuchten Kör-
einer gewissen höheren Temperatur an bis zu einer
enthaltene Wärme dem kälteren Wasser mitgetheilt
r dafs umgekehrt die Körper dem wärmeren Wasser
tziehn. Ist dann die Masse der verschiedenen Körper
nd zugleich die Zahl der Wärmegrade, um welche sie
bene Quantität Wasser erwärmen oder erkälten, so
n hieraus ihre specifische Wärmecapacität. Die Con-
dieser, von RUMFORD zuerst gebrauchten Calorimeter
neinen ist bereits beschrieben worden[1], die von den ein-
xperimentatoren dabei angebrachten Modificationen aber
m besten bei ihren Versuchen erwähnt. Uebrigens
dieses Calorimeter ebenso gut dem Eiscalorimeter an-
ls mit den Apparaten, die zur Auffindung der specifi-
ärme durch Mischung dienen, in Parallele setzen. Es
mlich keinen wesentlichen Unterschied, ob die gege-
rmemenge dazu verwandt wird, eine gewisse Quanti-
u schmelzen, oder eine bestimmte Masse Wasser um
sse Menge von Thermometergraden zu erwärmen. Von der
eite kann man die Sache aber auch so betrachten, als
u untersuchenden Körper mit dem Wasser gemischt
und dessen Temperatur erhöhten; mindestens hat
an, welcher sich der Methode der Mischungen be-
auch die specifischen Wärmen der Gasarten auf die
ntersucht, dafs er sie in Gefäfsen erwärmte und diese
Wasser abkühlen liefs. Nehmen wir also an, dafs die
Methode der Mischungen gebrauchten Apparate als

[1] Art. *Calorimeter*. Bd. II. S. 13.

Digitized by Google

Wassercalorimeter zu betrachten seyen, was genau genom
wohl geschehn mufs, so hätten wir bis jetzt nur zwei
thoden zur Auffindung der specifischen Wärme der K
kennen gelernt.

d) Methode der Abkühlung.

382) Joh. Tob. Mayer[1] stellte zuerst den Satz auf,
die specifische Wärme eines Körpers aus der Zeit seiner
kühlung zu entnehmen sey. Nach seiner oben (§. 256)
gebenen Formel ist

$$L = \frac{1}{pc}, \text{ also } c = \frac{1}{Lp},$$

worin c die specifische Wärmecapacität, L das Leitungsvermö-
gen, welches aus der Abkühlungszeit entnommen wird, p
das specifische Gewicht der Körper bezeichnen. Er
bemerkt hierbei, dafs zur Bestimmung der specifischen W
gleiche Volumina genommen und die specifische Wär
Zeiten der Abkühlung direct proportional gesetzt wurden.
bezogen sich aber auf das Volumen, und wolle man
die specifische Wärme der Masse kennen lernen, so
mit dem specifischen Gewichte dividirt werden. Heifst
die specifische Wärme der Masse c', die des Volumens
sey

$$c' = \frac{c}{p}.$$

Diese Methode ist sehr empfohlen worden durch Leslie[2],
viele Versuche danach angestellt hat, wie nicht minder
Dalton[4], nach dessen Ansicht die Resultate von den Fehlern
Thermometer ganz unabhängig sind, überhaupt aber gehö
hierher alle die Versuche, welche zur Bestimmung des
tungsvermögens der Körper oben (§. 237 ff. Gesetze des Erka

---

1 Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlang
Vergl. Gren's Journ. d. Phys. Th. III. V. Crell chem. Ann. 1
6. Ann. de Chim. T. XXX. p. 32.

2 Encyclop. metrop. Art. *Heat.* p. 308.

3 Experimental Inquiry into the nature of Heat. 1804.

4 Ein neues System des chemischen Theiles der Naturw
Th. I.

Digitized by Google

nitgetheilt worden sind. Murray[1] dagegen verwirft
ethode, weil die Abkühlungszeiten noch durch andere
, als die blofse Wärmecapacität bedingt werden, na-
durch das Leitungs- und Strahlungsvermögen. Das
indernifs haben Leslie und Dalton dadurch vermie-
's sie die zu untersuchenden Körper in Glas einschlossen,
also das Strahlungsvermögen der Oberfläche constant
lein der Einfluſs des Leitungsvermögens ist insbeson-
gräfseren Massen ganz unvermeidlich. Bei Flüssig-
ommt obendrein der Grad ihrer Fluidität in Betrachtung,
welcher ihre einzelnen Theile sich ungleich bewegen
Abgabe ihrer Wärme an die Oberfläche gelangen.
J. T. Mayer haben Dulong und Petit[2] bei ihren
en (§. 242) die Ursachen der Fehler zu vermeiden ge-
nd die ursprüngliche Formel erweitert. Für wesent-
lten sie, die Masse der zu untersuchenden Körper mehr
leinern und die Abkühlung langsamer statt finden zu
Sie beobachteten daher die Abkühlungszeiten erst dann,
r Körper nur wenige Grade wärmer war, als die Um-
, und aufserdem erhielten sie die letztere dadurch bei
nstanten Temperatur, dafs sie dieselbe in eine durch
ts gleichmäfsig abgekühlte und inwendig zur besseren
me der Wärme mit Rufs überzogene Hülle einschlos-
n welcher die Luft bis auf 2 Millim. Quecksilberdruck
nt war. Die hierin eingesenkten Flüssigkeiten und fe-
Körper befanden sich aufserdem in gleichen Gefäfsen,
Oberflächen daher ein stets gleiches Strahlungsvermögen
n. Gleiche Massen der zu untersuchenden Körper wur-
nn in ihren Behältern bis zu bestimmten Graden er-
in die mit Eis oder kaltem Wasser umgebene Kugel
t und die Zeit der Abkühlung gemessen, aus welcher
cifische Wärme hervorgeht. Setzt man nämlich die
eit des Newton'schen Gesetzes voraus, wie auf jeden
ch nach der Ansicht der französischen Physiker dann
n kann, wenn der Temperaturunterschied des Körpers
r Hülle nicht grofs ist, so mufs das Differential der
raturabnahme zum Differential der Zeit in einem gewis-

---

[1] Chemistry. T. I. p. 384.
[2] Ann. Chim. Phys. T. X. p. 399.

sen Verhältnifs zur Temperatur stehn, also wenn Θ d
peratur und t die Zeit bezeichnet,

$$-\frac{\partial\Theta}{\partial t} = m\Theta, \text{ also Log. } \Theta = m\,t + \text{Const.}$$

seyn. Bei den Versuchen von Dulong und Petit,
ähnliche als Norm dienen könnten, fing die Beobach
wenn der zu untersuchende Körper auf 10° C. herab
war, und dauerte so lange, bis er 5° erreicht hatte,
$\Theta = 10$ und $-$ Log. 10 = Const., folglich

$$\text{Log. } 10 - \text{Log. } \Theta = m\,t \text{ und } m = \frac{\text{Log. } 10 - \text{Log.}}{t}$$

Es wurde die Zeit gemessen, binnen welcher die T
von 10° bis zu 5° herabging, und für diese Grenz
daher

$$m = \frac{\text{Log. } 2}{t}.$$

Der Coefficient m, worauf es hier ankommt, läfst
auf eine andere Weise bestimmen. Alle untersuchte
zen befanden sich in dem nämlichen, stets gleiche
ausübenden, Gefäfse. Die Temperatur oder der Bruch
Scalengrades, welchen der Körper in der Zeiteinheit
Temperaturunterschiede von 1° C. verlieren mufste,
Gröfse durch m bezeichnet wird, wurde bedingt
Gröfse der strahlenden Oberfläche s und das Strahlung
gen e derselben, die sich in allen Versuchen gleich
durch die Masse des Körpers, womit das kleine Gefä
war, und durch dessen specifische Wärme c. Dieses

$$m = \frac{s\,e}{M\,c}.$$

Beide Werthe von m einander gleich gesetzt giebt

$$\frac{s\,e}{M\,c} = \frac{\text{Log. } 2}{t}, \text{ also } M\,c = \frac{s\,e\,t}{\text{Log. } 2}.$$

Für einen andern Körper von der Masse M' und der
schen Wärme c' hat man

$$M'c' = \frac{s\,e\,t'}{\text{Log. } 2}, \text{ also } \frac{M'\,c'}{M\,c} = \frac{t'}{t}.$$

Hierbei mufs der Einflufs des kleinen Gefäfses, worin da

Digitized by Google

en sind, und der Hülle, die das Thermometer ein-
berücksichtigt werden, den man durch k bezeichnen
n diese Gröfse, die bei allen Versuchen beständig
her zu ermitteln, kann man Versuche mit zwei Sub-
stellen, deren specifische Wärmen genau bekannt
. Kupfer und Silber, und erhält dann

$$\frac{M'c'+k}{Mc+k}=\frac{t'}{t},$$

ch der Werth von k entnehmen läfst. Inzwischen
se Versuche voraus, dafs alle Theilchen des in die
geschlossenen untersuchten Körpers überhaupt und
lich in dem Augenblicke, wenn das Thermometer 10°
igt, die nämliche Wärme haben, dafs ferner das her-
e Thermometerrohr bei allen Versuchen gleiche Men-
me verliert. Aufserdem aber hat Victor Regnault[1]
, dafs der rufsige Ueberzug der innern Fläche der um-
Hülle als sehr hygroskopische Substanz Feuchtigkeit
nd die Herstellung eines genauen Vacuums verhindert,
inige der Fehler entspringen, die er bei seinen Pro-
ben nicht vermeiden konnte und die daher diese Me-
r Erreichung der höchsten Genauigkeit weniger geeig-
en.

) Specifische Wärme der expansibeln Körper.

3) Mehrere Gelehrte haben sich mit dem schwierigen
e beschäftigt, die specifische Wärme der expansibeln
keiten aufzufinden[2]. Schon Crawford[3] bediente sich
thode der Mischungen oder, wenn man will, des Was-
imeters zu diesen Bestimmungen. In dieser Absicht
gte er dünne cylindrische Gefäfse von Weifsblech, er-
die in ihnen enthaltene atmosphärische Luft oder son-

Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 1.

Eine ausnehmend vollständige Zusammenstellung dieser Bemü-
findet man in: Dissertatio physica inauguralis de Calore fluido-
asticorum specifico. Auct. Alex. Car. Guil. Suerman. Trai. ad
1836. 4.

A. o. a. O.

stige Gasart dadurch, dafs er sie in andere hohle, nur weitere Cylinder steckte, die durch heifses Wasser wurden, und senkte sie dann in die mit Wasser oder füllten hohlen Mefscylinder, um aus der erhöheten Te dieser Flüssigkeiten die specifische Wärme der Gase Um diese letztere Gröfse im Verhältnifs zur atmosph Luft zu bestimmen, gebrauchte er zwei gleiche Cylind einer mit Luft, der andere mit der zu untersuchende gefüllt war, und zur Vergleichung mit Wasser brachte teres in den einen Mefscylinder, während der andere gefüllt war. Man verkennt die Vorsicht und Genauigk mit diese Versuche angestellt wurden, keinen Augenbli liefs Crawford die Gase zuvor durch ein stark ab Gefäfs strömen, ehe er sie in die Mefscylinder brachte, möglichst von aufgenommenen Dämpfen zu befreien, Quantitäten, womit er operirte, waren zu klein, als genaue Resultate erwarten dürfte. So betrug die E des Wassers durch atmosphärische Luft mit Einsc Gefäfses nur 2°,2 F., und weil davon 1°,926 dem G gehören, so blieb für die Luft nur 0°,274 übrig, die auf 0°,23 F. herabgehn [1].

384) Auch Lavoisier und Laplace bestimmten des Eiscalorimeters die specifische Wärme der Luft Sauerstoffgases. Zu diesem Ende liefsen sie eine Quantität der Gasart durch ein schlangenförmig gew Rohr streichen, nachdem sie dieselbe vorher in einem Rohre durch heifses Wasser erwärmt hatten. Sie m Temperatur vor dem Eintritte in das Calorimeter und Austritte aus demselben, und bestimmten die specifische W aus der Menge des Eises, welches durch den Unterschied der Temperaturen geschmolzen war, wobei sie jedoch ei kühlung der im Versuche gebrauchten Luft oder Gasart das den innern Behälter umgebende Eis bei ihrem E

1 Dalton's Bemühungen, die specifische Wärme der Ga zufinden, in: Ein neues System des chemischen Theils der Na senschaft, Th. I. S. 71, übergehe ich. Er bediente sich dabei Methode der Abkühlung, wie sie bei dem unten zu erwähn Verfahren mit tropfbaren Flüssigkeiten näher bezeichnet wird.

Digitized by Google

ustritte nicht gänzlich vermeiden konnten und aufserdem rausgehende Trocknen der Gase vor ihrer Erwärmung lässigten.

5) Die vom französischen Institute aufgegebene Preis- deren durch Delaroche und Bérard eingereichte Be- ung gekrönt wurde, veranlafste auch Clément und rs[1], die Lösung der Aufgabe zu versuchen; sie be- ten sich aber zunächst auf die Bestimmung der specifi- Wärme der atmosphärischen Luft vermittelst des Eisca- s und fanden, indem sie mehrere Tausend Liter der- on 0,76 Met. Druck bei 62° bis 63° Temperatur durch alorimeter strömen liefsen, die 2° bis 3° warm wieder ten, aus der Menge des geschmolzenen Schnees die e Wärme derselben = 0,25, die des Wassers = 1 ge- . Aufserdem füllten sie einen Ballon mit der zu un- iden Gasart, senkten ihn in ein Gefäfs mit heifsem nd zählten die Zeit bis zur Erwärmung des Gases, us der Ausdehnung desselben bestimmten, mittelst der ngen eines Pendels. Indem sie dann die Zeiten der ng bis zu gleichen Graden der specifischen Wärme- proportional setzten und ebenso umgekehrt einen mit ntersuchenden Gasart gefüllten Ballon im leeren Raume liefsen, fanden sie die specifische Wärme der Luft des Wasserstoffgases = 0,64; der Kohlensäure = 1,48 e Volumina. Werden diese Gröfsen für das specifi- richt corrigirt, so erhält man die Werthe 1,00; 9,60 , und auf Wasser reducirt, indem sie die specifische der Luft = 0,25 gefunden hatten, erhielten sie die),25; 2,40; 0,24.

Die wichtigsten Versuche über die specifische Wärme haben Delaroche und Bérard[2] angestellt. Sie sich hierzu eines Gasometers, aus welchem stets Fig. lengen der Gase ausströmten, die durch einen nach 62. Gesetzen regulirten gleichmäfsigen Zufluss von Was- trieben wurden. Die vorher getrocknete und erwärmte rchströmte dann ein schlangenförmig gewundenes Rohr Windungen, und gab während dieser Zeit dem Was-

rn. de Phys. T. LXXXIX. p. 321.
a. de Chimie. T. LXXXV. p. 72 ff.

Digitized by Google

sercalorimeter diejenige Wärmemenge ab, die aus der ei
Temperatur dieses Wassers und dem Temperaturunte
der Gasart vor dem Eintritte in das Schlangenrohr un
dem Ausströmen aus demselben gemessen wurde. B
ersten Reihe von Versuchen brachten sie das Wasse
lorimeters zu einer constanten Temperatur. Wenn nu
erhitzte Gasart das Schlangenrohr durchströmte, so gab
das dieses umgebende Wasser ihre Wärme ab und
mit beim Ausströmen die Temperatur dieses Wasse
nommen. Das Gefäfs des Calorimeters dagegen nahm
und dem Wasser auf diese Weise zugeführte Wärme
lor aber stets durch Ausstrahlung, und dieses mufs
dauern, bis die Menge der zugeführten und au
Wärme einander gleich, mithin die Temperatur des
ters stationär wurde. Wenn also verschiedene Gas
gleichem Drucke und von gleicher Temperatur das Sc
rohr des Calorimeters durchströmten, die äufsere T
aber sich gleich blieb, so mufste der Unterschied de
peratur und derjenigen, worauf der Strom der eige
Gasart das Calorimeter erhob, der specifischen Wärme
terem proportional seyn, oder wenn man die umgeb
peratur t, die des Calorimeters t′ nennt und c die
Wärme ist, so ist c = t′ — t.

Um die aus den Gefäfsen ausströmende Gasart
Eintritte in das Calorimeter zu erwärmen, ging die
tende Röhre eine hinlänglich lange Strecke durch ei
weites Rohr, in welches siedend heifse Wasserdämpf
wurden, die sie stets umspielten und bis 100° C. er
Hierbei waren aber zwei Hindernisse zu beseitigen.
konnte das erwärmte Gas seine angenommene Temper
100° beim Eintritt in das Calorimeter nicht beibehalten
da die dasselbe zuleitende Röhre Wärme an die U
abgab, zweitens aber mufste die Zuleitungsröhre dem C
ter aufser der Wärme, welche durch die Gasart
wurde, selbst noch einige zuführen und dadurch die
Wärme erhöhn. Der erstere Wärmeverlust war bei al
arten derselbe, aufserdem an sich unbedeutend, und k
vernachlässigt werden, um aber dem zweiten Hinder
begegnen, trennten sie die Gasometer, den Erwärmungs
und den gröfsten Theil der Leitungsröhren durch ei

Digitized by Google

om Calorimeter und liefsen die Gasart durch eine 20
ange Glasröhre in das Calorimeter eintreten, die zur
ng des Kittes vermittelst zwischenliegender Leder-
verbunden war und als schlecht leitende Substanz
Wärme zuführte. Um aber auch die letztere, wenn
inge Wärmemenge genauer zu bestimmen, erwärmten
öhren auf die gewohnte Weise, ohne dafs Gas hin-
nte, und brachten hierdurch allein das Calorimeter zu
nstanten Ueberschusse seiner Temperatur über die der
g. Zur genaueren Bestimmung dieses Ueberschusses
wei Versuchsreihen. In der ersten, die wir die der
den Temperaturen nennen können, erwärmten sie das
er, bis seine Wärme stationär wurde, und fanden
s mehreren Versuchen im Mittel die Wärme des Ca-
11°, die der äufseren Luft 8°,21, welches einen
ed von 2°,79 giebt. In der zweiten, welche die der
len Temperatur heifsen möge, erwärmten sie das Ca-
über die Temperatur, wobei es stationär geworden
mufste daher mehr Wärme ausstrahlen, als es auf-
ad auf diese Weise abermals durch Erkalten stationär
Dieses geschah bei 11°,69, als die Umgebung 8°,13
welches einen Unterschied von 3°,56 C. giebt; das
s beiden Gröfsen ist 3°,1, um welche das Calorime-
die Zuleitungsröhre erwärmt wurde. Diese Gröfse
ch nur für den gegebenen Temperaturunterschied gel-
n angenommen, das Calorimeter habe eine gleiche
als das Rohr selbst, so konnte ihm durch letzteres
Wärme zugeführt werden. Diesem gemäfs nahmen
efundene Gröfse 3,1 dem jedesmaligen Temperaturun-
proportional. War also dieser Unterschied bei dem
uche = 80° und beim Durchströmen der Gasart 72°,
en sie $3{,}1 \times \frac{72}{80} = 2{,}8$. Der eigentliche Punct der
e Temperatur des Calorimeters wurde bei den nach-
ersuchen zur Bestimmung der specifischen Wärmen
gleichfalls durch Zunahme und Abnahme der Wärme

Zuerst wurde die Erwärmung desselben durch das
nge fortgesetzt, bis aus der Langsamkeit der Zunahme
sen war, es fehle am Maximum nur noch weniger als
r oder ein halber Grad, dann wurde derselbe mittelst

Digitized by Google

untergesetzter Weingeistlampe um einige Grade erwärmt, und Temperatur sank also nach Wegnahme der Lampe bei dauerndem Durchströmen des erhitzten Gases wieder her auch dann ein stationärer Zustand eintrat, so dafs a diese Weise das Maximum erhalten wurde; das Mittel a den Werthen gab die gesuchte Gröfse. Diese liefs sic nehmend scharf bestimmen, denn der Cylinder des gebr Thermometers war so lang, dafs er nahe von der Ob des Wassers im Calorimeter bis auf den Boden reich Scale war aber so lang, dafs ein Grad 6 Millimeter e die in 10 Theile getheilt waren, wovon noch ein Zeh füglich schätzen liefs. Ebenso war ein sehr empfindliches mometer angebracht, um die Temperatur des Gases bei Eintritt in das Calorimeter zu messen, welche sich, der Natur des Gases, constant zwischen 95°,6 und 92° Uebrigens konnte dieses Thermometer die wirkliche Te des Gases nicht angeben, so wie Wasser in einem welches in siedendem Wasser steht, die Siedehitze n nimmt (§. 300). Die Experimentatoren glaubten daher Wahrheit am meisten zu nähern, wenn sie für die W einströmenden Gases das Mittel zwischen 100° C., überstiegen werden konnten, und derjenigen Temper nahmen, die das Thermometer zeigte. Die Temper ausströmenden Gases wurde einfach, aber mit einem gl sehr genauen und empfindlichen Thermometer gemesse diese Weise erhielten sie folgende Werthe aus je zwei chen für jede Gasart.

Gasart.		Menge. Liter	Barometer	Temperaturen beim Eintritt	beim Ausfluss	äufsere
Luft	1	36,91	0m,7405	97°,60	25°,185	7°,262
	2	30,53	0,7548	97,30	25,067	9,776
Wasserstoffgas .	1	37,84	0,7494	95,80	24,765	8,040
	2	31,50	0,7545	95,70	25,807	12,017
Kohlensauerst.	1	36,11	0,7582	96,80	27,548	6,552
	2	30,95	0,7520	97,15	29,598	12,016
Sauerstoffgas . .	1	37,42	0,7484	97,71	25,769	8,158
	2	31,30	0,7503	96,30	27,764	13,205
Salpetergas		30,31	0,7582	97,00	27,924	8,923
ölerzeugendes Gas		30,85	0,7500	97,35	30,288	9,258
Kohlenoxydgas . .		30,85	0,7535	97,55	24,505	8,475

Digitized by Google

tzten Columne sind diejenigen Temperaturen enthalten,
das Calorimeter stationär wurde, und es darf kaum
werden, dafs aus je zwei zusammengehörenden Ver-
ie mittleren Werthe genommen wurden. Es war
rdem erforderlich, die erhaltenen Resultate auf einen
Luftdruck zurückzuführen und daher den Einfluſs des
Barometerstandes auf die specifische Wärme der Gase
, um hieraus die erforderliche Correction zu entneh-
diesem Ende stellten sie zwei Hülfsversuche mit
ischer Luft unter verschiedenem Drucke an. Hierzu
s weiter nichts, als einer Regulirung der Gasometer
rmehrung des Druckes der Wassersäule, welche das
n des Gases bewirkte. Im einen Versuche betrug der
ruck, unter welchem die eingeschlossene atmosphäri-
stand, 1,0058 Meter. Es kam nämlich zu dem be-
ndenen Drucke von 0,7527 Meter Barometerhöhe
Wassersäule von 3,44 Meter hinzu, welche auf
er reducirt einer Säule von 0,2531 Metern gleich
Das Durchströmen war so, dafs in 10 Minuten 31,1
von ursprünglich 5° C. Temperatur, also auf 0° C.
0,53 Liter durch das Calorimeter strömten. Dieser
is 100° C. erwärmt und genau so wie in den übri-
chen durchgeleitet, brachte das Calorimeter zur sta-
Temperatur von 16°,117 über die der umgebenden
ch Abzug der Gröfse, die der Erwärmung durch
itungsrohr zugehörte. Beim Eintritt war die Tem-
er Luft 96°,9, beim Austritt 22°,832 C., und sie
o 74°,068. Setzt man voraus, dafs die specifische
er Luft zwischen den beiden festen Puncten der Ther-
cale sich gleich bleibt, und nennen wir die Gesammt-
r aus den gegebenen 30,53 Liter entwickelten Wärme
o ist klar, dafs 1 Liter Luft unter dem Drucke von
eter Quecksilberhöhe durch die gemessene Abkühlung

ärme abgegeben habe und dafs dieselbe Menge um 1

ich abkühlend $\frac{C}{30{,}53 \times 74{,}068}$ abgeben würde. Die
C der abgegebenen Wärme ist aber dem Unterschiede

e Wasserbehälter des Gasometers wurden für diesen Zweck
mer des nächst höheren Stockes hinauf gerückt.

zwischen der stationär gewordenen Temperatur des Cal
ters und der äufsern Umgebung proportional, und der
terschied kann also als das Mafs der freigewordenen
gelten, indem man diese den Thermometergraden propo
setzt. Der Ueberschufs der Temperatur des Calorimet
die Umgebung war aber 16°,117 C. gefunden worden,
also C = 16°,117, so drückt

$$\frac{16,117}{30,53 \times 74,068} = 0^{\circ}0071274$$

den Ueberschufs der Temperatur aus, auf welcher das
meter durch das Durchströmen von 1 Liter Luft auf
peratur reducirt und unter einem Drucke von 1,0
Quecksilberhöhe und 1° C. Wärmeverlust erhalten
könnte. Bei einem andern Versuche brachten aber 35
auf 0° C. reducirt unter einem Drucke von 0,7405 Met
silberhöhe, indem sie sich um 72°,415 C. abkühlten,
berschufs der Temperatur des Calorimeters von 15°,
welches auf gleiche Weise berechnet

$$\frac{15,423}{35,99 \times 72,415} = 0^{\circ},00591778$$

als den Ueberschufs der Temperatur giebt, um welch
diesen Bedingungen 1 Liter Luft das Calorimeter 1° C.
men würde. Nimmt man das Verhältnifs beider Grö

$$\frac{0,0071274}{0,00591778} = 1,20441,$$

so zeigt dieses das Verhältnifs der Wärmemenge, welch
die nämliche Quantität Luft unter übrigens gleichen Be
gen entwickelt werden, wenn ihre Dichtigkeiten sich

$$\frac{1,0058}{0,7405} = 1,35827$$

zu einander verhalten. Eine folgende Reihe von V
gab als Mittel 1,2396 statt 1,20441, und da diese G
weit genauer zu halten ist, als die früher gefundenen,
hielten sie dieselbe allein bei, und hiernach giebt
Vermehrung der Dichtigkeit der Luft um 0,35827
mehrung der Wärme = 0,2396. Wenn demnach ein
Luft unter dem Drucke p eine Menge Wärme = C

Digitized by Google

ich den Graden gemessen wird, wozu sie das Calo-
ber die Temperatur seiner Umgebung erhöht, und
) die Zahl der Grade ausdrückt, die das nämliche
unter gleichen Bedingungen, aber unter dem Druck
, so kann man annähernd das Verhältnifs als richtig
, wonach

$$0{,}35827 : 0{,}2396 = \frac{p' - p}{p} : z,$$

$$z = 0{,}2396 \frac{p' - p}{p \cdot 0{,}35827}$$

ROCHE und BÉRARD konnten dieses um so mehr als
nehmen und bei der Berechnung ihrer Versuche zum
gen, als sie stets mit Gasarten unter atmosphärischem
erirten, wobei also die Unterschiede der Pressungen
eutend waren. Bei den Reductionen konnte aufser-
'oraussetzung, dafs die specifische Wärme der Gas-
r gleichem Drucke sich stets gleich sey, keine be-
Fehler herbeiführen, weil die Temperaturen, welche
neter erhielt, wenig von einander verschieden waren;
ten sie aus gleichen Gründen die nämlichen Re-
auf alle von ihnen untersuchten Gasarten anwenden.
diesen Grundsätzen wurden die in der Tabelle ent-
'rösen corrigirt, um die specifische Wärme der un-
Gase zu finden, wie sie durch die in der letzten
efindlichen Unterschiede der Wärme des Calorime-
ie äufsere Umgebung gegeben wird, die durch glei-
n jeder Gasart unter gleichem Drucke und bei glei-
eraturen erzeugt war. Um das Verhältnifs der spe-
Värmen verschiedener Gasarten unter einander zu er-
sie namentlich auf die der Luft zu reduciren,
i diese letztere als Einheit und dividirt ihre Gröfse
übrigen, wodurch ihr Verhältnifs für gleiche Volu-
gleichem Drucke gegeben wird; wenn man aber
en durch das specifische Gewicht der Gase dividirt,
iosphärischen Luft als Einheit genommen, so erhält
specifische Wärme für gleiche Massen, d. h. die
gen, welche gleiche Gewichte der Gasarten unter
Drucke und durch Herabgehn von gleich höheren

zu gleich niedrigern Temperaturen abgeben würden. Gröfsen enthält die nachfolgende Tabelle.

Gasart.	Specifische Wärme der Volumina	Specifische Wärme der Gewichte
atmosphärische Luft	1,0000	1,0000
Wasserstoffgas . .	0,9033	12,3401
Kohlensäure . . .	1,2583	0,8280
Sauerstoffgas . . .	0,9765	0,8840
Stickgas	1,0000	1,0318
Stickstoffoxydul .	1,3503	0,8875
ölerzeugendes Gas	1,5530	1,5763
Kohlenoxydgas . .	1,0340	1,0805
Wasserdampf . . .	1,9600	3,1360

387) Weil das Calorimeter während der Zeit, in die Wärme aufnimmt, zugleich auch einen Theil an bung verliert, so suchten Delaroche und Bérar flufs dieses Hindernisses zu beseitigen, indem sie die rord[1] befolgte Methode anwandten und das Calor her um ebenso viele Grade über die Temperatur der kälter nahmen, als es nachher wärmer wurde, gi dauer für beide Unterschiede genommen, damit das in der ersten Hälfte der Zeit ebenso viel Wärme möchte, als es in der zweiten abgab. Sie bestim für den gesammten Temperaturunterschied des Cal C., erkälteten dann dasselbe bis 5° oder 6° unter d ratur der Umgebung, und wenn es so weit erwärmt seine Temperatur noch 2° C. weniger, als die der betrug, machten sie den Anfang des Versuches, ihn so lange fort, bis es 2° C. über die Temperatu gebung erwärmt war, mafsen die Menge der Gas durch das Calorimeter geströmt war, brachten die Correctionen bei dieser zweiten Versuchsreihe an, ersten, und erhielten dann folgende specifische W dem Volumen, die zur besseren Vergleichung mit ersten Versuchsreihe gefundenen Gröfsen zusammen

1 Vergl. G. XLIV. 8 und §. 376.

Digitized by Google

Gasarten.	Specifische Wärme erste Reihe	zweite Reihe
atmosphärische Luft	1,0000	1,0000
Wasserstoffgas . .	0,9033	0,8930
Kohlensäure . . .	1,2583	1,3110
Sauerstoffgas . . .	0,9765	0,9740
Salpetergas	1,3503	1,3150
ölerzeugendes Gas	1,5530	1,6800
Kohlenoxydgas . .	1,0340	0,9830

he in beiden Reihen stimmen genau genug überein, ben die Experimentatoren der ersteren den Vorzug.

Um die specifische Wärme des Wasserdampfes auf- bedienten sich Delaroche und Bérard einer indirecten indem sie zwei vergleichbare Versuche, den einen ier Luft, den andern mit solcher anstellten, die mit npf gesättigt war. Um die Luft möglichst von Was- zu befreien, liefsen sie dieselbe durch ein schlangen- wundenes Rohr streichen, welches durch eine umge- tmachende Mischung auf — 15° C. erhalten wurde r den niedergeschlagenen Wasserdampf aufnahm, wo- bis auf die Kleinigkeit des dann noch vorhandenen als ganz trocken zu betrachten war, ehe sie erwärmt Calorimeter zugeführt wurde. Für den hiermit zu nden Versuch sättigten sie die durch heifses Wasser le Luft mit Wasserdampf und liefsen sie durch ein ge- s Rohr strömen, welches auf der bleibenden Wärme C. erhalten wurde, damit sie allen über diese Tem- inausgehenden Dampf absetzen möchte. Es war dann ch, dafs diese Luft nicht unter 39° erkaltet wurde, eine Quantität Dampf niederzuschlagen und dadurch keiten herbeizuführen, weswegen die äufsere Tempe- 30° erhalten wurde. Die bis 39° abgekühlte Luft f die angegebene Weise erhitzt, trat 97°,3 warm in angenrohr des Calorimeters und strömte 41°,3 warm us, wonach sie 56° Wärme verlor. Das Calorimeter stationären Wärme bei 41°,3 in einer Umgebung von und es waren sonach 11°,5 Wärme oder nach Abzug

von 2°, die durch das Zuleitungsrohr hervorgebracht
9°,5 Wärme erzeugt. Die trockne Luft dagegen verl
Wärme im Calorimeter, und brachte dieses zur constan
peratur von 40°,4, während die Umgebung gleichfalls
betrug. Hierbei waren also nach Abzug von gleichfalls
für die Zuleitungsröhre 8°,6 oder nach der Reduction
auf 56° nur 8°,4 Wärme erzeugt, welche von der
feuchte Luft gefundenen Gröfse = 9°,5 abgezogen für
kung des Wasserdampfes 1°,1 geben. Um das Vol
Wasserdampfes auf den Luftdruck zurückzuführen, bedi
sich folgenden Verfahrens. Der Luftdruck war 0,7
die Elasticität des Wasserdampfes bei 39° C. setzte
Dalton = 0,0505 Meter, welches das Verhältnifs von
Hiernach war die Wirkung des Wasserdampfes =
der trocknen Luft = 8°,4, und sonach ist das Verhä
specifischen Wärmen für Wasserdampf dem Vol
= 1,96, dem Gewichte nach = 3,136.

389) Um die specifische Wärme der Gase
sonstigen Körpern zugehörigen vergleichbar zu mach
forderlich, sie auf die des Wassers zu reduciren.
Ende liefsen sie heifses Wasser auf ähnliche Weise,
die Luft, durch das Calorimeter strömen, mafsen
peratur beim Eintritte in das Schlangenrohr und beim
aus demselben, und fanden, dafs, wenn 37,75 Gra
binnen 10 Minuten durchströmten und dabei 29°,07
me verloren, das Calorimeter bei einem Ueberschufs
über die umgebende Luft zum bleibenden Stande
dieses Resultat mit dem durch atmosphärische Luft
verglichen, so ergiebt sich, die specifische Wärme
sers als Einheit genommen, die der Luft = 0,2
zweiter Versuch gab 0,2536 und das Mittel
0,2498.

Nach einer hiervon verschiedenen Methode fand
gesuchte Verhältnifs aus dem Wärmeverluste des Ca
durch Strahlung. Es war hierbei die Menge des
meter enthaltenen Wassers = m bekannt, wozu aber
des Gefäfses, auf Wasser reducirt, genommen wur
Letzteres bestand aus Kupfer und dem zum Löthen
ten Metalle. Die specifische Wärme des Kupfers
Crawford 0,112 und die der Löthung, bestehend aus

Digitized by Google

mittlere zwischen beiden Metallen, also 0,038. Hier-
sich die Masse des Wassers für sich und mit Ein-
s Gefäfses bestimmen und ist $= m + \mu$; in diesem
= 596,8 Gramm. In dem einen Versuche mit Luft
a, dafs 35,99 Liter atmosphärische Luft, auf 0° C.
nd unter einem Drucke von 0,7405 Meter Quecksil-
is 100° C. erhitzt und sich um 72°,415 C. abküh-
en 10 Minuten das Calorimeter auf den bleibenden
fs von 15°,734 C. über die Temperatur der Umge-
hten, woraus also folgt, dafs die durchströmende Luft
rimeter ebenso viel Wärme zuführte, als dasselbe
strahlung verlor. Um die Menge der ausströmenden
a bestimmen, durften die Experimentatoren nur den
unterbrechen und das Calorimeter frei erkalten lassen,
s Gesetz der Abkühlung beobachten, hieraus die lo-
he Curve, welche das Gesetz der Abkühlung dar-
id somit die anfängliche Geschwindigkeit des Erkal-
den. Wählt man hierbei die Art, wie Biot das
ROAD gefundene Gesetz des Erkaltens dargestellt hat
und nennt man (y) + T die anfängliche Tempera-
lorimeters, worin (y) die Temperatur der umgeben-
bezeichnet, und wird angenommen, dafs in einer
Minuten ausgedrückt, die erste dieser Temperaturen
y geworden sey, so ist das Gesetz der Abkühlung

$$\text{Log. } y = \text{Log. } T - \frac{a}{M} t.$$

eichnet M den Modulus der gemeinen Logarithmen
85 und a drückt die Gröfse der Erkaltung während
it der Zeit aus oder die Zahl der Grade, welche die
; einem Körper nehmen würde, wenn man ihn wäh-
r Zeit bei einer um 1° C. höheren Temperatur, als
ngebung erhielte. Diese Gröfse bleibt der Natur der
a während der ganzen Dauer des Erkaltens sich gleich.
die Wirkung auf die anfängliche Temperatur T ge-
erden, so mufs man den Werth von aT suchen.
det man vermittelst der Formel:

$$aT = \frac{MT(\text{Log. } T - \text{Log. } y)}{t},$$

und er wird bekannt seyn, sobald man aufser der ... lichen Temperatur T noch einen einzigen Werth von y ... welcher während der Zeit t durch Beobachtung ... Bei dem angegebenen Versuche mit atmosphärischer L... den Delaroche und Bérard den Ueberschufs der T... des Calorimeters über die äufsere Umgebung oder T = ... und bei der nachfolgenden Beobachtung, indem das C... nach aufhörender Strömung der Luft erkaltete, verlor e... 20 Minuten 12°,847 C. Hiernach ist also t = ... y = 12°,897, demnach a = 0°,0101356 und aT = ... Ist hiernach die Zahl der Grade bekannt, welche die ... rische Luft dem Calorimeter in 1 Minute mittheilte, ... dieses für 10 Minuten 1°,59474. Ein zweiter V... nahe übereinstimmend 1°,5996. Es wogen aber die ... auch gebrauchten 35,99 Liter Luft zusammen 45,... und diese übten ihre Wirkung aus auf die so eben ... 596,8 Gramm Wasser, indem sie um 72°,415 C. ... Hiernach ist also das Verhältnifs der specifischen ... Luft zu der des Wassers

$$\frac{596{,}8 \times 1{,}5996}{45{,}49 \times 72{,}415} = 0{,}2898.$$

Auf eine dritte directe Weise fanden sie diese Gröfse ... nem der mit erhitzter Luft angestellten Versuche, ... Liter oder 108,32 Gramm atmosphärische Luft, ... Meter Druck und bei 0° C. Wärme genommen, ... ben von 85° C. Wärme das Calorimeter, welches ... Wasser enthielt, um 4° C. erwärmten. Hieraus ... die specifische Wärme der atmosphärischen Luft gegen ... Wassers = 0,2697. Aus allen erhaltenen Resultaten ... sie im Mittel 0,2669. Werden hiermit die oben ... Gröfsen multiplicirt, so erhalten wir die specifische W... Gase auf die des Wassers reducirt, wie sie die ... Tabelle angiebt.

Digitized by Google

Substanzen	spec. Wärme	Substanzen	spec. Wärme.
iser	1,0000	Stickgas	0,2754
sphärische Luft	0,2669	Salpetergas	0,2369
serstoffgas . .	3,2936	ölerzeugendes Gas	0,4207
lensäure . . .	0,2210	Kohlenoxydgas . .	0,2884
rstoffgas . . .	0,2361	Wasserdampf . . .	0,8470

0) Gegen diese ausnehmend schätzbaren und immer noch
Muster vorzüglicher Genauigkeit dienenden Versuche
W. T. Haycraft[1] einige Einwendungen, vorzüglich die,
e unter sehr verschiedenen Bedingungen angestellt wur-
d daher mehrere zusammengesetzte Correctionen bedurf-
uptsächlich aber, dafs die Gase vorher nicht ausgetrock-
ten, weswegen die erhaltenen Resultate nur einem Ge-
von Gas und Wasserdampf zugehörten. Der erste Ein-
llt von selbst weg, denn die verschiedenen Einflüsse
lerdings beachtet und corrigirt, was zwar Mühe verur-
aber der Genauigkeit keinen Abbruch thut. Der zweite
rdings gegründet, aber die hieraus erwachsenden Fehler
rchaus nicht bedeutend; denn die Gase waren in den
stern, wo sie mit Wasser in Verbindung standen, von
r Temperatur, enthielten also nicht viel Wasserdampf und
n nachher keinen mehr auf, wie Haycraft vorauszu-
scheint; aufserdem aber sind die erhaltenen specifischen
n blofs relativ, so dafs sich der Einfluſs des Wasser-
s, der bei allen Gasen vorhanden war, gegenseitig auf-
mfser bei der Vergleichung der trocknen atmosphärischen
t solcher, die mit Wasserdampf gesättigt war. Eben
diesen Versuch lernten aber Delaroche und Bérard
cifische Wärme der trocknen Luft kennen, und der oh-
nicht absolut genaue, aus mehreren Versuchen gefundene
, wodurch die specifischen Wärmen der Gase auf die des
rs reducirt werden, ist so gewählt, dafs dadurch der
beigemischten Wasserdampf erzeugte Fehler ein Mini-
wird. Gegen Crawford's Versuche gilt der allerdings
idete, von ihm gleichfalls gemachte Einwurf, dafs die
ndten Quantitäten der Gase zu gering waren.

[1] Edinb. Phil. Trans. T. X. p. 195. Ann. de Chim. et Phys. T.
p. 298. G. LXXVI. 289.

Digitized by Google

Inzwischen liefs sich Haycraft hierdurch bestimmen, Reihe von Versuchen anzustellen. Die Construction de ihm gebrauchten Apparates läfst sich dem Wesen nach verständlich machen. Um die zu untersuchenden Ga atmosphärischer Luft zu vergleichen, wählte er zwei gan che Stiefel, in welche zugleich atmosphärische Luft u gewählte Gasart, beide durch Röhren, mit salzsaure gefüllt, zum Trocknen durchströmend, mit einem E eingesogen und dann in die Erwärmungsröhren geprefst den, von wo aus jede derselben gleichmäfsig erwärmt Schlangenrohr eines besonderen Calorimeters gelangte. D Emboli gleichzeitig bewegt wurden und beide Stiefel Inhalt hatten, so waren auch beide Gasmengen einander und ihre absolute Menge liefs sich aus den Dimensio Stiefel finden. Die Verbindungsröhren zwischen dem parate, worin beide Gase neben einander gleichmäfsig wurden, und den Schlangenröhren der Calorimeter wa einen Zoll lang und ein in sie gesenktes feines Ther diente zum Messen der Temperatur beim Eintritt, ein zweites die Temperatur des Gases bei seinem Aus dem Calorimeter bestimmte; beide hatten Grade nach F heit, die wieder in 5 Theile getheilt waren, und da m vierten Theil derselben schätzen konnte, so gaben sie Zw stel dieser Grade an. Die Calorimeter standen in blanken M gefäfsen, und letztere standen noch obendrein in Wasser, Einfluss der Umgebung zu vermeiden. Dieser wurde abe aufserdem dadurch beseitigt, dafs nach Rumford's[1] Vor die Calorimeter vor dem Versuche ebenso tief unter die lere Temperatur erkaltet wurden, als sie nach dem Ver über dieselbe hinausgingen. Sollte endlich in den einen für atmosphärische Luft bestimmten, Stiefel die zu un chende Gasart gebracht werden, so durfte man denselben durch Aufziehn des Embolus damit füllen; Haycraft zog vor, den Stiefel durch eine Luftpumpe zu exantliren, die einströmende Gasart durch Niederdrücken des Embolus a ner durch einen Hahn verschlossenen, kleinen Hülfsröhre weichen zu lassen, dieses einige Male zu wiederholen und den Versuch zu beginnen, wobei sich zeigte, dafs dann

1 G. XLIV. 8.

Digitized by Google

ahe dieselbe Reinheit hatte, als das in den Gasome-
Sofern hiernach alle Bedingungen für die zwei gleich-
gewandten Gasarten einander gleich waren, so gab die
der Calorimeter unmittelbar das Verhältnifs ihrer spe-
Wärmen. Der Inhalt eines jeden Stiefels betrug 12
ll, die Bewegungen der Emboli wurden nach einer
dirt und wiederholten sich 120mal in einer Minute,
lie absolute Menge der während einer Minute durchströ-
Gasart 1440 Kubikzoll betrug, obwohl es unnöthig
se absolute Menge in Rechnung zu bringen.

) Um die Genauigkeit des gewählten Apparates und
ichtigten Methode zu prüfen, stellte Haycraft einige
e Versuche an, indem er in beide Stiefel atmosphäri-
ft strömen liefs und diese dann durch die Heizröhren
Calorimeter trieb. Da der Unterschied nicht mehr, als
betrug, so hielt er sich von der Genauigkeit der zu
den Resultate überzeugt und begann die Versuche
Fünf Versuche gaben die specifische Wärme der Koh-
= 0,9730; 0,9919; 1,0035; 1,0021; 1,0000, die
sphärischen Luft = 1,0000 gesetzt, die drei letzten
für sich aber geben im Mittel 1,0019 und dieses
hm das Richtigste zu seyn, indem er glaubt, die Gas-
in den beiden ersten nicht genug von Wasserdampf be-
vesen. Zwei Versuche mit Sauerstoffgas ergaben mit
Abweichung die specifische Wärme desselben der der
ärischen Luft vollkommen gleich. Ebendieses war der
n Wasserstoffgas aus Zink und Schwefelsäure. In zwei
m fand Haycraft dieselbe im erstern 0,9222, was er
flusse des noch darin vorhandenen Wasserdampfes bei-
n zweiten dagegen, insbesondere gegen das Ende des-
ls das Gas länger mit dem salzsauren Kalke in Berüh-
vesen und dadurch mehr ausgetrocknet war, fand er
pecifische Wärme genau so, wie die der atmosphäri-
uft. Das Stickgas zeigte in zwei Versuchsreihen, deren
ach Verlauf eines ganzen Jahres der ersten folgte, ge-
elbe specifische Wärme, als atmosphärische Luft. Zu
suchen mit Kohlenwasserstoffgas dienten anfangs die im
bereiteten Leuchtgase, und es ergab sich, dafs die spe-
Wärmen derselben ausnehmend variirten, was jedoch
lge des ihnen beigemengten empyrheumatichen Dampfes

seyn soll. Zwei Versuche mit Gas aus vegetabilischen (
gaben die specifische Wärme im Mittel = 1,0559, ein d
mit Gas aus Hammelfett gab 1,2777, zwei folgende mit Ga
Alkohol und Schwefelsäure gaben im Mittel 1,0658. Um
directem Wege zu ermitteln, ob Aetherdämpfe die Erh
der specifischen Wärme herbeiführten, brachte Haycraft
das eine Gasometer, worin sich atmosphärische Luft b
einige Tropfen Schwefeläther, um mit diesem und zugleich
Kohlenwasserstoffgas einen vergleichbaren Versuch anzust
Beide Calorimeter zeigten sich völlig übereinstimmend, w
er also schliefst, dafs die Aetherdämpfe in der atmosphä
Luft auf gleiche Weise sich wirksam bewiesen, als die
rheumatischen Dämpfe im Kohlenwasserstoffgas, deren A
senheit darin er voraussetzt. Aus allen Versuchen folg
dafs die specifischen Wärmen der Gase sich umgekehrt
halten, wie ihre specifischen Gewichte oder wie ihre Di
keiten, sofern gleiche Volumina ungleich dichter Gase
Calorimetern gleiche Wärmemengen abgaben, ihre Mas
der Natur der Sache nach ihren Dichtigkeiten proportio
mufsten. Abweichungen von diesem Gesetze sollen
beigemischter Dämpfe seyn.

392) Zu denjenigen Physikern, die bald nach Cav
die specifische Wärme der Gasarten aufzufinden sich be
gehört auch Gay-Lussac. Zuerst suchte er diese Grö
den Wärmemengen zu bestimmen, die durch Verdichtu
Verdünnung der Gase frei oder gebunden werden[1], al
hierbei erhaltenen Resultate, so schätzbar auch die Ver
anderer Beziehung sind, haben gegenwärtig nicht mehr
gende Wichtigkeit, um eine ausführliche Erörterung zu
dienen. Von der Zeit an war indefs sein Augenmerk fort
rend auch auf dieses Problem gerichtet und er entschlo
daher zu einer neuen Reihe von Versuchen[2]. Dafs die
mecapacitäten der verschiedenen Gase ungleich seyn m
schlofs er aus der ungleichen Ausdehnung, welche sie i
diometer erhalten. Wenn er nämlich gleiche Quantitäten
gas im Eudiometer verbrannte, wodurch also eine gleiche
me erzeugt wurde, so fand er, dafs gleiche Mengen übe

1 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. I. p. 181. G. XXX. 321.
2 Ann. de Chimie. T. LXXXI. p. 98. G. XLV. 321.

Digitized by Google

ıthaltenen Wasserstoffgases weniger ausgedehnt wurden,
:he Menge zugesetzten Sauerstoffgases, woraus er schlofs,
Wärmecapacität des ersteren Gases gröfser seyn müsse.
'ersuche stellte er an, indem er die Gase durch Wasser
Eudiometerröhre aufsteigen liefs, dann dieselbe aus der
vanne in eine Quecksilberwanne brachte, dabei für
ıefes Eintauchen sorgte, dann das vorhandene Knallgas
ıte und beobachtete, wie viel Mafs ausgetrieben und
ingedrungenes Quecksilber ersetzt war. Es versteht sich
ı selbst, dafs diese Messungen zu unvollkommen wa-
dafs sie dem Experimentator genügen konnten. Gay-
wählte daher eine andere, früher nicht angewandte
e. Er argumentirte, dafs zwei Gase von gleichen Wär-
ıtäten, wenn sie bei ungleichen Temperaturen vereint
, die mittlere Wärme beider annehmen müssen, was
i ungleichen Capacitäten der Fall nicht seyn kann. Man
ıt bald, dafs diese Methode genau die der Mischungen ist.
Versuchen nahm er zwei Gasometer, in denen die zwei
esperrt waren, bewerkstelligte, dafs in beide in gleichen
gleiche Mengen Wasser flossen, mithin gleiche Mengen
ases ausströmten, leitete dann beide durch Zwischen-
mit salzsaurem Kalke, um sie auszutrocknen, und ver-
sie in einer weiten Röhre, worin sich ein Thermome-
ınd. Die eine Gasart wurde durch eine kaltmachende
ıng ebenso tief unter die Temperatur der Umgebung er-
als die andere über dieselbe erwärmt, so dafs sie ver-
nen Unterschied = 0 über oder unter die Umgebung
mufsten. Bei den Probeversuchen mit ungleich er-
r atmosphärischer Luft gebrauchte Gay-Lussac noch die
ıt, dafs er die Gasometer verwechselte und bald das
ıald das andere für heifse oder kalte Luft bestimmte; in
Fällen aber war das Resultat = 0 und die Methode
sich daher hierdurch als zweckmäfsig. Ebenso verfuhr
ı bei den Mengungen von Wasserstoffgas und atmosphä-
Luft, womit er 12 Versuche anstellte, mit den übrigen
en aber stellte er nur vier Versuche an, und nie wichen
sultate um mehr als 0°,5 C. von einander ab. Die mitt-
gefundenen Werthe sind in folgender Uebersicht enthal-
wobei die Temperaturen Grade über oder unter der der
ıung bezeichnen.

hieraus allerdings Unrichtigkeiten erwachsen konnten. vierter Einwurf, aus dem in den Gasen enthaltenen Wasserd. hergenommen, ist oben (§. 390) bereits gewürdigt w. und auch dieser, wenn gleich von nicht sehr grofser B. samkeit, läfst sich nicht ganz beseitigen. Minder erh. möchte endlich fünftens seyn, dafs nicht alle Bedingun. den sämmtlichen Versuchen völlig gleich waren, denn . ist durch die zahlreichen Correctionen möglichste Rücksi. nommen.

Marcet und Delarive wählten zu ihren Versuch. nen 4 Centimeter im Durchmesser haltenden Ballon vo. dünnem Glase, füllten ihn mit dem zu untersuchende. brachten ihn auf eine bestimmte Temperatur, setzten ih. rend einer genau gemessenen Zeit einer Wärmequelle a. mafsen die dadurch erzeugte Temperatur durch die ve. Elasticität des Gases selbst, wobei sie Sorge trugen, . Zeit des Erwärmens stets nur kurz war und daher kei. art sich mit der Temperatur der Wärmequelle ins G. wicht setzen konnte. Der Apparat bestand aus dem ge. Fig. 63. Ballon A, welcher zum Einfüllen des Gases diente; d. eisernen Hahne B und C gestatteten, den Ballon von de. abzuschliefsen, ohne dafs die äufsere Luft in diese oder Ballon dringen konnte; das Zwischenstück zwischen hatte aber eine so kleine Oeffnung, dafs die darin be. Menge von Luft nicht in Betrachtung kommen konnte, mehr, als sie nie in den Ballon drang, sondern stets Röhre getrieben wurde. Der verticale Arm der Verbi. röhre DE tauchte mit seinem unteren Ende in das Quecksilber des Gefäfses F; zum Messen der Höhe d. steigenden Quecksilbersäule diente die in Millimeter . und mit einem Nonius zum Ablesen der Zehntel v. Scale. Für jeden Versuch wurden der Ballon und d. mit der zu prüfenden Gasart gefüllt. Bei der Röhre . dieses leicht, indem man einen Strom des Gases durch trieb, bis die atmosphärische Luft entwichen war; es aber zugleich dafür gesorgt werden, dafs das Quecksi. nigstens 8 bis 10 Centimeter in der Röhre aufgestie. Der Ballon wurde zuerst mittelst einer Luftpumpe . dann wiederholt mit der erforderlichen Gasart gefüllt u. der evacuirt, um hierdurch die letzten Antheile der frü.

Digitized by Google

en Gasart zu entfernen, und nach der letzten Fül-
s Gas darin zu haben. Der Ballon wurde dann an
geschraubt, nach dem Oeffnen beider Hahne mufste
n der Röhre D E aufgestiegene Quecksilber etwas her-
was dadurch zu erreichen war, dafs das Gas in der
e wenig gröfsere Elasticität hatte, als in der Röhre.
Weise war es möglich, stets mit Gasen unter glei-
ke von nahe 0,63 Meter Quecksilberhöhe zu experi-
Durch Temperaturänderung mufste auch das Volu-
Gasart sich verändern, und es war leicht, die erstere
etzteren zu entnehmen, wobei die bekannten Bestim-
on Gay-Lussac zum Grunde lagen. Heifst näm-
Gröfse eines jeden Centesimalgrades für einen gege-
ck, n die Anzahl von Centesimalgraden, die einem
Unterschiede in der Höhe der Quecksilbersäule ent-
die Barometerhöhe, t die Temperatur, wobei man
a die Höhe der Säule bei der Temperatur t, a' die
lben bei der unbekannten Temperatur, so ist

$$1 = \frac{(p - a)\,(0{,}00375)}{1 + 0{,}00375\,t}$$

$$n = \frac{(a - a')\,(1 + 0{,}00375\,t)}{(p - a)\,(0{,}00375)}.$$

rlaubte Zehntel eines Millimeters genau abzulesen, und
rucke, welcher für die Versuche gewählt worden war,
jeder Centesimalgrad ungefähr einer Aenderung der
rhöhe von 2,5 Millimeter, so dafs also noch 0°,04 C.
men werden konnte. Diese Methode, die Tempe-
ase durch ihre eigene Ausdehnung zu messen, hat
e Vorzüge, und da aufserdem das Volumen der Gase
gleichem Drucke war, also keiner Correction des-
rfte, jede Gasart aber vorher völlig ausgetrocknet
beruhn hierauf unverkennbare Vorzüge der hier ge-
thode des Experimentirens. Ein wesentlicher Um-
ber die Erwärmung des Ballons, und hierzu dien-
erfahrungsarten.

Bei der ersten Versuchsreihe senkten Marcet und
die Kugel in ein kleines hölzernes Gefäfs mit dicken
n, worin Wasser genau auf einer Temperatur von
alten wurde, und liefsen sie so lange darin, bis sie

Digitized by Google

diese Wärme genau und allgemein angenommen hatte, w
durch bleibendes Stillstehn der Quecksilbersäule in de
DE zeigte. Das kleine Wassergefäfs, welches in ein
gröfseren, mit etwas über 30° C. warmem Wasser
Gefäfse hing, und dem Einflusse dieser gröfseren W
Umgebung durch seine dicken hölzernen Wandungen
lich lange widerstand, fiel auf ein gegebenes Zeichen
in dem gröfseren hinab, beide Wassermassen vereini
und erlangten dadurch genau die Temperatur von 30° C.
blieb der Ballon eine genau gemessene Zeit von ni
als 4 Secunden und nahm während derselben in ein
höheren Temperatur, als die seinige, eine gewisse W
die sich durch das Sinken der Quecksilbersäule in
Ausdehnung des im Ballon enthaltenen Gases kund
aber zugleich über die Wärme des Wassers eine s
stimmung zu erhalten, wurde nicht der Stand der Qu
säule, welchen sie nach Verlauf dieser 4 Secunden
Vergleichung genommen, sondern das Verhältnifs zw
Zahl von Millimetern, die das Quecksilber in diesen
den fiel, und derjenigen, die es gefallen war, we
mit der Temperatur des Wassers im Gleichgewich
Zur genaueren Messung diente das Verfahren, dafs au
Zeichen desjenigen, welcher das Quecksilber in der
obachtete, das kleine Wassergefäfs herabfiel, nach 4
aber wurde der Hahn des Verbindungsstückes gesch
den Stand der Quecksilbersäule genau abzulesen, da
geöffnet und abgewartet, bis das Quecksilber zum
kam. Wird dann die Temperatur, welche das Gas
Stillstande erlangt hatte, als Einheit angenommen, s
die verschiedenen Gase in den ersten 4 Secunden
Temperaturen an:

Wasserstoffgas	0,85	kohlensaures Gas . . .	
atmosphärische Luft .	0,83	ölbildendes Gas . . .	
Sauerstoffgas	0,80	Stickstoffoxydul . . .	

Inzwischen fürchteten die Experimentatoren, dafs das
Wärmeleitungsvermögen der Gase auf diese Resul
störenden Einfluſs äufsern möchte, und hierin wurden
die Uebereinstimmung bestärkt, welche sie zwische

Digitized by Google

und denjenigen wahrnahmen, die von Dulong und bachtet worden waren, als sie Körper in verschiedenen rkalten liefsen (§. 247). Noch weiter ergab sich dieses, nliche Versuche mit gröfseren Gasmengen und bei nperaturunterschied von 10° bis 20° anstellten, wo- ecifische Wärme sich gleich zeigen mufste, dennoch haltenen Resultate abweichend waren[1]. Diese Gründe sie, eine andere Methode der Erwärmung des Bal- ählen.

Sie schlossen denselben zu diesem Ende in einen Ballon GHK von dünnem Kupferblech ein, welcher eter im Durchmesser hielt, inwendig eine mit Rufs Oberfläche hatte und unten mit einem Hahnstücke ar, um ihn auf der Luftpumpe zu exantliren. Die te beider Ballons fielen zusammen; der eingesenkte ar aber oben in die Fassung des gröfseren einge- letzterer wurde vermittelst der Luftpumpe exantlirt, Millimeter Quecksilberhöhe, und es wurde Sorge ge- fs dieser Grad der Verdünnung sich bleibend erhielt. n der äufsere Ballon in Wasser von höherer Tem- bracht, so erhielt der innere blofs diejenige Wärme, n durch Strahlung der inneren Wandungen des grö- trömte, und es dauerte lange, bis das Quecksilber in zum Stillstande kam; für die Messungen schien aber um von 5 Minuten am geeignetsten. Bei jedem Ver- chdem der äufsere und innere Ballon gehörig vorge- ren, wurde die kupferne Kugel in Wasser von 20° und diese Wärme unveränderlich erhalten. Nach it kam das Quecksilber in der Röhre zum Stillstande as im Ballon hatte somit die Temperatur von 20° C. en, worauf man den Stand des Quecksilbers auf- Momentanes Eintauchen der kupfernen Kugel machte silber einige Millimeter steigen, worauf dieselbe rasch

[1] ist wohl nicht schwierig, wie Marcet und Delarive meinen, rt der Wärmefortpflanzung in den Gasen sich eine Vor- machen, denn diese beruht theils auf dem Uebergange von einem Molecüle der Gasart zu einem andern und zu- der Bewegung dieser Molecüle selbst. Welcher ungleiche Wärmeleitung aber der einen oder der andern dieser Ur- gehöre, dieses ist allerdings schwer bestimmbar.

in Wasser von 30° C. Wärme getaucht wurde. E
nach einiger Zeit ein Sinken des Quecksilbers, sobald
den frühern Stand erreicht, und also die im Kolben
enthaltene Luft die Temperatur von 20° angenommen
wurde ein Zeitraum von 5 Minuten genau gemessen,
Verlauf derselben schlofs man den Hahn, zeichnete
des Quecksilbers auf, woraus die Wärmemenge sich
das Gas während dieser Zeit angenommen hatte, öffnete
den Hahn wieder und wartete, bis das Quecksilber
sten Stand erreicht, also das Gas die Temperatur
gebung angenommen hatte. Da die Massen des W
grofs waren, so machte es nicht bedeutende Schwi
die Wärme desselben constant zu erhalten. Für 20°
ses durchaus gar nicht schwierig, für 30° diente
Mittel, dasselbe anfangs bis 30°,2 zu erwärmen,
durch Ausstrahlung während 5 Minuten bis 29°,8
und daher im Mittel als 30° warm betrachtet wu
War es aber darum zu thun, das totale Sinken de
bers kennen zu lernen, welches einer Temperatur
gehörte, so wurde das Wasser fortwährend bei die
erhalten[1]. Es versteht sich von selbst, dafs durch
rühren des Wassers die gesammte Masse desselben
mäfsiger Wärme erhalten wurde. Unter diesen Be
da der Temperaturunterschied nicht grofs, die Zeit
hältnifsmäfsig lang (5 Minuten) und die Gesammtmen
erwärmenden Gases nur klein (ungefähr 33 Kubik-
war, liefs sich ein hoher Grad von Genauigkeit erre
dieses gehörig zu würdigen, kommt noch Folgen
trachtung.

Sofern sich der kleine Ballon mit dem in ihm
Gase in einer und derselben gröfseren Kugel eingeschl
fand und der ganze Apparat stets auf die nämliche T
gebracht wurde, mufste dem inneren Ballon durch gl
wärmung des äufsern jedesmal eine gleiche Menge W

1 Aus eigener Erfahrung habe ich mich überzeugt, da
was bei solchen Versuchen am angemessensten ist, durch
einer kleinen Weingeistlampe oder Zugiefsen von heifsere
in kleinen Quantitäten leicht zu erreichen ist, nur mufs
Gehülfe dieses Geschäft ausschliefslich besorgen.

Digitized by Google

, er mufste also der eingeschlossenen Gasart jedesmal Wärmemenge mittheilen, und dieses dadurch nach dem ifs seiner Wärmecapacität eine verschiedene Tempera- ten. Die Gase wurden sämmtlich mit gehöriger Sorg- tet, um als völlig rein betrachtet zu werden, dem- urden sie durch Chlorcalcium geleitet, wodurch sie je- neil von Wasserdampf abgaben, und endlich über trock- cksilber aufgefangen.

Die zu den oft wiederholten Versuchen genommenen waren atmosphärische Luft, Sauerstoffgas, Stickgas, offgas, Kohlensäure, ölbildendes Gas, Kohlenoxydgas, oxydul, salpetrigsaures Gas, Schwefelwasserstoffgas, k, schwefligsaures Gas, Chlorwasserstoffsäure und

Oftmals mit demselben Gase gemachte Versuche ber zu dem unerwarteten Resultate, dafs sie insge- nnen der normalen Zeit von 5 Minuten die nämliche ur erhielten, denn bei jedem sank das Quecksilber 14°,4 Millimeter, und zwar wurden beide Werthe ei der nämlichen Gasart durch wiederholte Versuche, bei den verschiedenen Gasen erhalten, so dafs man rschied dieser Gröfsen als die erreichte Fehlergrenze ann. Jede Gasart stand bei 20° C. unter 0,65 Meter nd demnach mufste das Quecksilber in der Röhre der ng gemäfs um 22,7 Millimeter fallen, wenn das Gas me erhielt, was auch durch die Erfahrung vollkom- ätigt wurde. Auf gleiche Weise läfst sich die Tem- nden, welche die Gase angenommen hatten, wenn das er 14,3 Millim. gefallen war, nämlich 26°,30 und 6°,34 für 14,4 Millimeter; die Gase waren also um ersten Falle und um 6°,34 im zweiten erwärmt, der ed beträgt nur 0°,01, eine ungemein kleine Gröfse, uf gründet sich die Folgerung, dafs die specifische ller Gase unter 0,65 Meter Druck für gleiche Volu- elbe sey. Blofs das Wasserstoffgas ward allezeit stär- mt, denn in widerholten Versuchen fiel das Queck- lesmal 15 Millimeter, was einer Temperaturvermeh- 6°,6 zugehört. Marcet und Delarive glauben je- fs dieser Unterschied nicht von einer geringeren Wär- tät desselben, sondern von seiner besseren Leitungsfä- herrühre. Uebrigens beschänkten sie sich nicht blofs

darauf, die Temperatur zu beobachten, welche die Gase 5 Minuten erhalten hatten, sondern sie richteten ihre merksamkeit auch auf diejenige, welche ihnen nach 2 M nach 4 Min. mitgetheilt worden war; bei der ersteren sie insgesammt gleichmäfsig das Quecksilber um 8 Milli ken, welches einer Temperaturerhöhung von 3°,5 e nach 4 Minuten aber sank das Quecksilber um 12,5 M ter, was einen Zuwachs der Temperatur von 5°,5 C. Beide Beobachtungen waren etwas schwierig, weil d nicht, wie nach den normalen 5 Minuten, geschlossen inzwischen glauben sie, dafs der begangene Fehler als 0,2 bis 0,3 Millim. betragen habe, und dieses g Temperatur von 0°,08 und 0°,12 zu. Es scheint a nach der Satz begründet zu seyn, dafs alle Gase un chem Drucke und bei gleichem Volumen eine gleic sche Wärme besitzen, und dafs also die specifisch derselben, wenn man sie auf die Massen reducirt, ihr fischen Gewichten umgekehrt proportional sey.

397) Um den Einfluss des Druckes auf die Wärme der Gase zu ermitteln, behielten sie den v parat bei, verlängerten aber die Röhre mit der Que bis 60 oder 70 Centimeter, statt dafs es früher nur meter lang war. Die stärkere Verdünnung der Gase kleinen Ballon bewirkte dann ein stärkeres Aufst Quecksilbersäule in diesem Rohre, deren Höhe vom terstande abgezogen die Dichtigkeit des Gases gab. dem beschriebenen ganz gleiches Verfahren fanden si den nachfolgenden Dichtigkeiten die Gase während 5 M um folgende Thermometergrade erwärmt wurden.

Unter	0,650	Meter	Druck	in	5	Minuten	um 6°,30
—	0,590	—	—	—	—	—	6,35
—	0,437	—	—	—	—	—	6,90
—	0,370	—	—	—	—	—	7,01
—	0,258	—	—	—	—	—	7,3

Wird also die Gasart weniger dicht, so wächst die welche ein gleiches Volumen während derselben Zeit unter gleichen Bedingungen annimmt. Die hier angegebenen Gröfsen wurden durch Versuche mit atmosphärischer Luft erhalten, andere mit Wasserstoffgas, ölbildendem Gas und

angestellt, bestätigten das gefundene Gesetz vollkom-
Merkwürdig war hierbei der Umstand, dafs das Was-
as sich in diesen Versuchen genau, wie alle übrigen
rhielt, woraus hervorgeht, dafs der bei den Versuchen
nem Drucke von 0,65 Metern wahrgenommene Unter-
ine Folge seines besseren Leitungsvermögens seyn mufs,
nach Dulong und Petit bei verminderter Dichtigkeit
verschwindet. Durch eine leichte Abänderung des
ten Apparates, indem die in Quecksilber gesenkte
e heberförmig aufgebogen war, konnten Marcet und
E ihre Versuche auch auf Gase unter höherem, als at-
ischem Drucke ausdehnen. Sie gaben mit den entge-
ten gleiche Resultate, denn die Wärmecapacität nahm
Dichtigkeit zu, jedoch in einem geringeren Verhält-
s dem der Quadratwurzeln der Elasticitäten. Ihre Ver-
streckten sich auf Verdichtungen bis zu 0,8 ja selbst
r Quecksilberhöhe, und alle geprüfte Gase zeigten sich
ereinstimmend, wodurch dasjenige Bestätigung erhält, was
HE und Bérard bereits gefunden hatten (§. 386). Es
aus allen diesen Versuchen, dafs die specifische Wär-
Gase für gleiche Volumina und gleiche Elasticitäten
liche ist, und zugleich nach einem nicht genauer be-
Gesetze mit zunehmender Elasticität in einem wenig
nden Verhältnisse wächst. Der erste wichtige Satz
heoretisch eine Bestätigung darin, dafs alle Gase sich
eiche Grade der Wärme gleichmäfsig ausdehnen, wo-
die nämlichen Wärmemengen bei allen gleiche Wir-
hervorzubringen scheinen. Für das zweite Verhalten
e Experimentatoren selbst kein eigentliches Gesetz auf-
wohl aber ist dieses durch Prevost[1] geschehn, wel-
e Hypothese über den Wärmestoff dabei zum Grunde
d hiernach folgende Formel aufstellt.

$$\sqrt[3]{p'} : \sqrt[3]{p} = t : t',$$

den gemessenen, p' den gegebenen Druck, t die be-
und t' die gesuchte Temperatur bezeichnen. Im vor-
n Falle, bezüglich auf die unter stets verminderten
rhaltenen Resultate hätte man also

[1] an. de Chim. et Phys. T. XXXIX. p. 194. Poggendorff's Ann.

$$\sqrt[3]{p'} : \sqrt[3]{0{,}65} = 6°{,}3 : x.$$

Die Berechnung der gegebenen Gröfsen giebt folgende Übersicht:

Versuche Nr.	Druck in Metern	Erwärmung in 5 Minuten berechnet	Erwärmung in 5 Minuten beobachtet	Unterschied		Verhältnifs der Unterschiede zu den berechneten Graden
1	0,650	...	6,30	...		.....
	0,590	6,51	6,55	—	4	0,006
	0,487	6,94	6,90	+	4	0,006
	0,370	7,60	7,01	+	59	0,077
5	0,258	8,58	7,30	+	128	0,149

Das stete Wachsen der Unterschiede ist hierbei zu [illegible] als dafs Prevost selbst es übersehn konnte, und [illegible] daher, dafs noch eine fremde Ursache mitwirkend [illegible] Um genauere Resultate zu erhalten, und hauptsächlich [illegible] ten grofsen Unterschiede wegzuschaffen, schlägt er [illegible] jede folgende Gröfse aus der unmittelbar vorher[illegible] berechnen. Hiernach erhielte man

$$\sqrt[3]{0{,}258} : \sqrt[3]{0{,}370} = 7{,}01 : x,$$

wodurch die Unterschiede in 0,073 und 0,076 verwandelt [illegible] den, allein auch hierbei wird die Zunahme sichtbar, [illegible] türlich bei jedem einzelnen Gliede kleiner seyn mufs, [illegible] sie summirt wird, aber auf jeden Fall ist auf diese We[illegible] allgemeines Gesetz zu erhalten.

Marcet und Delarive haben die Wärmecapacität [illegible] auf das specifische Gewicht der untersuchten Gase [illegible] ebenso nicht auf die des Wassers. Sobald die letztere [illegible] mung in genügender Genauigkeit vorhanden ist, hat [illegible] keine Schwierigkeiten. Immerhin kann aber die durch [illegible] roche und Bérard aufgefundene Reduction der [illegible] Wärme der trocknen atmosphärischen Luft auf die [illegible] sers als hinreichend genau gelten, und es ist dann [illegible] für atmosphärische Luft, und somit für alle Gase [illegible] Gröfse durch das specifische Gewicht der Gase zu [illegible] um die specifischen Wärmen derselben für gleiche [illegible]

Digitized by Google

Durch dieses Verfahren sind die in der angehängten
gegebenen Bestimmungen gefunden worden.

) Inzwischen wurden Marcet und Delarive bewo-
hier aufgestellten Sätze noch durch eine nachträgliche
n Versuchen zu bestätigen[1]. Es wurde ihnen nämlich
urf gemacht, die Masse der in der Kugel eingeschlos-
se sey an sich und namentlich im Verhältnifs zu der
hliefsenden Glaskugel zu gering gewesen, um so
terschiede, als hierbei statt fänden, anzugeben. Hier-
htfertigten sie sich durch nähere Angabe der unglei-
nperaturen, die sie bei denselben Gasen unter ver-
m Drucke beobachtet hatten, denn diese erhielten unter
lichen Bedingungen der Erwärmung, wenn sie 10°
er Umgebung von 20° ausgesetzt wurden, binnen 5
folgende Temperaturen.

Gase	Barometer-druck	Erwär-mung
atmosphärische Luft	0,66 Meter	6°,70 Cent.
	0,46 —	7,64 —
	0,25 —	8,55 —
kohlensaures Gas .	0,68 —	6°,66 —
	0,55 —	6,96 —
	0,42 —	7,80 —
	0,27 —	8,45 —
	0,17 —	9,50 —
Stickstoffoxydulgas	0,67 —	6°,69 —
	0,50 —	7,20 —
	0,37 —	7,60[2] —
	0,27 —	8,50 —
Wasserstoffgas . .	0,65 —	7°,00 —
	0,50 —	7,40 —
	0,32 —	8,10 —
	0,22 —	8,60 —

nd allerdings die Unterschiede der erhaltenen Tem-
sehr bedeutend, und das hierauf gegründete Argu-

---

n. de Chim. et Phys. T. XLI. p. 78. Bibl. univ. T. XLI. p.
endorff's Ann. XVI. 340.

se Gröfse halten die Experimentatoren für nicht hinlänglich

ment, dafs auch die Unterschiede der specifischen Wä
wenn solche vorhanden wären, sich hätten zeigen müs
nicht ohne bedeutendes Gewicht. Nimmt man die atm
rische Luft 15mal so schwer an, als das Wasserstoffga
war die Masse dieses Gases zu der der Luft in den Ver
gleichfalls in diesem Verhältnisse, dagegen aber betrug de
terschied der Masse bei atmosphärischer Luft unter 0,66 Met
0,25 Meter Druck nur etwas mehr als die Hälfte und eben
Wasserstoffgas unter 0,65 und 0,32 Meter Druck nicht mehr
Hälfte, und dennoch gab jene 1°,85, diese aber 1°,1 U
schied der Temperaturen. Hieraus geht wohl überzeugend
vor, dafs der Unterschied der Wärmecapacitäten bei di
sen unter gleichem Drucke und für gleiche Volumina au
Fall nicht grofs seyn kann, wollte man auch eine a
Gleichheit in Zweifel stellen, denn ein irgend bedeutend
terschied mufste nothwendig aus den angestellten Ver
hervorgehn.

Inzwischen begnügten sich Marcet und Delar
diesem Beweise der Genauigkeit ihrer früheren Versuch
sondern sie wiederholten sie vielmehr mit einer weit gr
Kugel, die aber dennoch so dünn war, dafs sie nur 22 G
wog und bei einem Drucke von 0,68 Meter Barometerhö
12° C. Temperatur 0,4 Gramm atmosphärische Luft a
Die Quecksilberröhre hatte 4 Millim. im Durchmesser, ei
kung der Capillarität war also nicht grofs, und das Qu
ber konnte sich frei in ihr bewegen; sie war aufserh
Centimeter über der Kugel durch einen gläsernen eingesc
nen Hahn unterbrochen, und so konnten durch Entfern
des Kittes und jedes Metalles auch Chlor und Schwefelw
stoffgas untersucht werden, nur mufste dann die Röhre a
mosphärischer Luft gefüllt seyn, um den Zutritt der gen
Gase zum Quecksilber zu verhüten. Hieraus entstanden
keine Fehler, denn alle einzelne, mit diesen Gasen ange
Versuche gaben unter sich völlig übereinstimmende Res
Die wie die frühere eingerichtete äufsere kupferne Kugel
22 Centim. oder nahe 8 Zoll Durchmesser, und es wurd
darauf geachtet, dafs sie gehörig luftleer blieb, auch alle T
des Apparates in gutem Stande waren. Die Elasticität d
den Ballon gebrachten Gases betrug nahe 0,69 Meter Q
silberhöhe, die kupferne Kugel aber, nachdem sie g

Digitized by Google

…he der Gase.

…t hätten, so könnten jene der
… als 0,1 der Wärmecapacitäten
…ungsvermögen der Gase geht aus
…icht hervor, mit Ausnahme des
…rmung den übrigen stets zuvor
…ten ihnen gleich kam. Dieses
… übrigens auch aus andern Er-
…er keineswegs einen Unterschied
…, weil es sonst nach 6 und 8
…hgewicht gekommen wäre, viel-
…n Resultate sehr für die Em-
…parates, welcher demnach auch
… specifischen Wärmecapacitäten
…iese wirklich vorhanden wären.
…daher zur Bestätigung der oben

…VE[1] haben seit jener Zeit, et-
…en fortgesetzt, die sich haupt-
… Bestimmung der specifischen
… wovon demnächst die Rede
…en bestimmten sie die specifi-
… dennoch verdient ihre Arbeit
…eil sie sich dabei der Methode
…ümlichen Modification bedien-
… nicht blofs genau beschreiben,
…chnung vollständig mittheilen.
…indrisches Gefäfs von Kupfer,
…. weit, in welchem sich ein
… befand, dessen Enden einige
… Gefäfses hervorragten. Das
… und fafste 27,093 Gramm oder
…r. Dasselbe wurde in die in-
…neter im Durchmesser haltende
…tere gut exantlirt. Im Gefäfse
…es Thermometer, welches die
… Flüssigkeit angab, indem das
… Kugelher vorragte, ebenso wie

… N. 335. Ann. de Chim. et Phys.
…vers. 1840. Août.

Google

Gase	Beobachtungszeiten	Depressionen des Quecksilbers
ölbildendes Gas . . .	2 Minuten	23,0 Millim.
	3 —	28,0 —
	4 —	31,5 —
	5 —	33,1? —
	6 —	34,5 —
schweflige Säure . .	2 Minuten	23,0 Millim.
	3 —	28,0 —
	4 —	31,5 —
Schwefelwasserstoff .	2 Minuten	23,0 Millim.
	3 —	28,1 —
	4 —	31,7 —
Chlorgas	2 Minuten	22,9 Millim.
	3 —	28,0 —
	4 —	31,6 —
	5 —	33,5 —
	6 —	34,4 —
Wasserstoffgas	2 Minuten	23,6 Millim.
	3 —	29,0 —
	4 —	32,0 —
	5 —	33,8 —
	6 —	34,7 —
	7 —	35,5 —
	8 —	36,1 —

Bei der schwefligen Säure, dem Schwefelwasserste
dem Chlorgas wurde die Beobachtung nur so lange
bis diese sich mit der im Glasrohre befindlichen at
schen Luft mengten und das Quecksilben angriffen.

Vergleicht man die hier gegebenen Resultate un
der, so ergiebt sich daraus, dafs mit Ausnahme des
stoffgases alle übrige sich in gleichen Zeiten gleichm
dehnten, also um gleichviel erwärmt wurden, und
eine gleiche specifische Wärmecapacität haben müsse
nen die Wärme aus einer gleich intensiven Quelle
Die Abweichungen betragen nicht mehr als 0°,04 u
zwei Fällen 0°,08, und da sie bald auf der einen,
der andern Seite liegen, so können sie nur als Beob
fehler gelten. Wären aber wirklich Unterschiede der
capacitäten vorhanden gewesen, die eine 0°,04 grö

Digitized by Google

ärmung veranlafst hätten, so könnten jene der
ach nicht mehr als 0,1 der Wärmecapacitäten
n ungleiches Leitungsvermögen der Gase geht aus
hen gleichfalls nicht hervor, mit Ausnahme des
es, dessen Erwärmung den übrigen stets zuvor
erst nach 6 Minuten ihnen gleich kam. Dieses
ngsvermögen geht übrigens auch aus andern Er-
vor, beweiset aber keineswegs einen Unterschied
en Wärmecapacität, weil es sonst nach 6 und 8
t wieder ins Gleichgewicht gekommen wäre, viel-
iden die erhaltenen Resultate sehr für die Em-
des gebrauchten Apparates, welcher demnach auch
Unterschiede der specifischen Wärmecapacitäten
en würde, wenn diese wirklich vorhanden wären.
Versuchsreihe dient daher zur Bestätigung der oben
Sätze.

ARCET und DELARIVE[1] haben seit jener Zeit, et-
), ihre Untersuchungen fortgesetzt, die sich haupt-
l zunächst auf die Bestimmung der specifischen
er Körper beziehn, wovon demnächst die Rede
Nur von zwei Gasen bestimmten sie die specifi-
ecapacitäten, allein dennoch verdient ihre Arbeit
lichere Erörterung, weil sie sich dabei der Methode
ng mit einer eigenthümlichen Modification bedien-
ieses ihr Verfahren nicht blofs genau beschreiben,
h die Art der Berechnung vollständig mittheilen.
hten ein kleines, cylindrisches Gefäfs von Kupfer,
hoch und 33 Millim. weit, in welchem sich ein
fernes Schlangenrohr befand, dessen Enden einige
über den Deckel des Gefäfses hervorragten. Das
wog 28,637 Gramm und fafste 27,093 Gramm oder
ubikcentimeter Wasser. Dasselbe wurde in die in-
schwärzte, 22 Centimeter im Durchmesser haltende
ngel gebracht und letztere gut exantlirt. Im Gefäfse
ein sehr empfindliches Thermometer, welches die
r der darin enthaltenen Flüssigkeit angab, indem das
lben aus der kupfernen Kugelher vorragte, ebenso wie

---

stitut. 1840. VIIIme Ann. N. 335. Ann. de Chim. et Phys.
p. 119. Bibliothèque univers. 1840. Août.

zwei Glasröhren, welche mit den beiden Mündungen Schlangenrohrs verbunden waren. Bei den Versuchen sie das Gefäfs mit Terpentinspiritus, wegen seiner gr Wärmecapacität, erwärmten dasselbe, brachten es dann Mitte der kupfernen Kugel vermittelst des Deckels d ren, woran es durch die Thermometerröhre festsafs, e die Kugel, senkten sie dann ins Wasser, welches g Temperatur des Zimmers hatte, und beobachteten die Z Abkühlung um eine bestimmte Zahl von Thermomet Alsdann wiederholten sie diesen Versuch, liefsen aber des Erkaltens um eine gleiche Anzahl Grade ausge atmosphärische Luft von der Temperatur der Umgeb das Schlangenrohr strömen, wodurch die vorher blofs Strahlung herrührende Abkühlung beschleunigt wur gleiche Weise liefsen sie auch diejenigen Gase d Schlangenrohr strömen, deren specifische Wärme sie der Luft vergleichen wollten, und dabei wurde jede Quantität des angewandten Gases genau gemessen und durch angemessenes Oeffnen des Hahn dafür gesorgt, gleichen Zeiten gleiche Quantitäten des Gases durchs

Die Art der Berechnung der auf diese Weise erhalt sultate entnahmen sie aus einem Briefe von Dulong, dieser zugleich rieth, hauptsächlich dafür zu sorgen, Vacuum jederzeit gleich sey. Vor allen Dingen sollen Unterschiede der Temperaturen 10° C. nicht übersteig nach seiner Ansicht nur unter dieser Bedingung das sche Gesetz als gültig zu betrachten ist. Heifst d veränderliche Ueberschufs der Temperatur des Calorim die der Hülle, welcher der Zeit t entspricht, die fange des Erkaltens an verstrichen ist; a der Ueber ser Temperatur für $t=0$ und T' für eine Zeit $= \theta$, der Fortgang des Erkaltens durch: $T = a\,m^t$ ausgedrückt wobei m durch die Beobachtung bestimmt werden m allgemeine Ausdruck für die Geschwindigkeit des wird dann seyn:

$$v' = \frac{dT}{dt} = -TL.m.$$

Will man dieselbe für die Temperatur a erhalten, so

Digitized by Google

ölse nur statt T in die Formel setzen, und erhält dann
tante L.m, indem man setzt

$$T' = a\,m^{\Theta}; L.T' = L.a + \Theta L.m,$$

olgt

$$L.m = \frac{L.a - L.T'}{\Theta} = \frac{L.\frac{a}{T'}}{\Theta},$$

h Substitution

$$v' = \frac{a\,L.\frac{a}{T'}}{\Theta}$$

hwindigkeit der gesammten Abkühlung, und wenn ein
h den Apparat strömt, so ist

$$v'' = \frac{a\,L.\frac{a}{T''}}{\Theta''}.$$

ezeichnet T'' die nach der Zeit Θ'' beobachtete Tem-
L. aber den hyperbolischen Logarithmus. Die Ge-
gkeit des Erkaltens, die vom Gas allein herrührt, ist
$''-v'$.

findet auf diese Weise leicht das Verhältnifs der spe-
Wärme zweier Gase bei gleichem Volumen. Ist näm-
Geschwindigkeit für atmosphärische Luft = v; für das
ne Gas = V; die specifische Wärme der Luft = c;
s = C; das Volumen der durchströmenden Luft = w;
hströmenden Gases = W, so hat man

$$\frac{C}{c} = \frac{w\,V}{v\,W}.$$

n die Capacitäten auf Wasser zurückführen, so ist
Wärmemenge, welche durch das Instrument von der
asse = m abgegeben wird (dessen Wärmecapacität = 1
um das Gas zu erwärmen, eine gleichmäfsige Abküh-
ausgesetzt. $T\,m'c'$ ist die Wärmemenge, welche von
der Zeiteinheit durchströmenden Gase aufgenommen
ssen Masse = m' und die Wärmecapacität auf die des
als Einheit bezogen = c' ist, T aber die Tempera-
me des Gases, welches durch das Instrument strömt,

in dem Augenblicke, für welchen es die Geschwi
$= v''$ angenommen hat. Hiernach ist also

$$v'' m = T m' c',$$

woraus c' gefunden wird.

Um von diesen Formeln Gebrauch zu machen, w
Marcet und Delarive folgende Bezeichnungen. Es b
die Zeit des Erkaltens ohne durchströmendes Gas; Θ'
Zeit beim Durchströmen von atmosphärischer Luft; Θ'
Durchströmen einer andern Gasart. Ferner hiefs w das V
Luft, welches während der Zeit Θ'' durchströmte; W d
men des in der Zeit Θ''' durchströmenden Gases und W
lumen dieses Gases, welches in der Zeit Θ'' durchgest
würde. Man erhält dann für eine gleichmäfsige Durchs

$$W = W' \frac{\Theta'}{\Theta''}.$$

Aufserdem hat man, wenn v' die Geschwindigkeit d
tens ohne durchströmendes Gas; v'' bei durchströ
mosphärischer Luft; v''' bei durchströmender sonst
heifst, folgende Relationen

$$v' = \frac{aL \cdot \frac{a}{T'}}{\Theta'},$$

$$v'' = \frac{aL \cdot \frac{a}{T'}}{\Theta''},$$

$$v''' = \frac{aL \cdot \frac{a}{T'}}{\Theta'''},$$

worin T' die stets gleiche Anzahl von Graden bezeich
welche die Abkühlung in den Zeiten Θ'; Θ''; Θ'''
det, wenn kein Durchströmen statt findet, oder ein
Luft $= w$, oder ein Volumen Gas $= W'$ durchströmt
aber die Geschwindigkeit des Erkaltens, die durch
oder das Gas allein bewirkt wird, dem Unterschiede
welcher beobachtet wird, wenn Luft oder Gas durchst
wenn die Strahlung allein wirkt. Heifst daher v d
schwindigkeit des Erkaltens, die der atmosphärischen L
lein zukommt, wenn ein Volumen derselben $= w$ wä

Digitized by Google

durchströmt und V diejenige, die dem Gas allein zu- wenn ein Volumen W′ desselben während der Zeit strömt, so hat man

$$v = v'' - v' = \frac{aL.\frac{a}{T}}{\Theta''} - \frac{aL.\frac{a}{T'}}{\Theta'};$$

$$V = v''' - v' = \frac{aL.\frac{a}{T'}}{\Theta'''} - \frac{aL.\frac{a}{T}}{\Theta'}.$$

also in Dulong's Formel, wonach

$$\frac{C}{c} = \frac{wV}{vW}$$

V die gefundenen Werthe, und berücksichtigt man, $W\frac{\Theta'}{\Theta'''}$ ist, so erhält man nach gehöriger Reduction

$$\frac{C}{c} = \frac{(\Theta' - \Theta''')w}{(\Theta' - \Theta'')W'},$$

ich unmittelbar die specifische Wärme des Gases, ver- it der der atmosphärischen Luft, letztere als Einheit

die Genauigkeit zu zeigen, welche auf diesem Wege ird, theilen Delarive und Marcet aus ihren zahl- suchen eine genaue Beschreibung derjenigen Resul- die sie für ölerzeugendes und für kohlensaures Gas haben. Die Temperatur der Umgebung war 11° C. ; die Abkühlung betrug 6° oder 7°,5 in beiden Ver- . Bei der ersten Versuchsreihe geschah die Abküh- 5° bis 19°, also war $T = 6°$; die Zeit der Ab- ne durchströmendes Gas, also Θ', betrug 1240 Se- lie Zeit der Abkühlung bei durchströmender Luft, etrug 860 Sec.; das Volumen der durchströmenden w, = 13675,879 Kubikcentimeter. Es waren dann Θ''' des durchströmenden Gases und das Volumen n

	W′	$\frac{C}{c}$
4″	11487,307	1,4958
4	11603,240	1,5576
2	11038,318	1,5376;

Digitized by Google

im Mittel also 1,5303. Drei andere Versuche gaben in
1,5315 und aus beiden also das Mittel 1,5309; Dulong
für dieses Gas 1,531; Delaroche und Bérard 1,53
Kohlensäure fanden sie 1,222, statt dafs Dulong 1,175 D
roche und Bérard aber 1,258 gefunden hatten; sie haben
ihre Bestimmung leicht für etwas zu grofs, weil da
des Gasometers eine Kleinigkeit des Gases verschluckt
konnte, wodurch W' zu klein, also C : c zu grofs
mufste.

Die schwierigsten Versuche sind die mit W
weil man kaum verhüten kann, dafs dasselbe nicht
zu schnell oder zu langsam durchströmt. Die Te
Zimmers war 11°,25, das Thermometer ging von
45° herab, also um 4°,5 binnen 5 Minuten, während
Zeit 7373,7 Kubikcentim. Gas durchströmten. Eine
Quantität atmosphärischer Luft machte in der
das Thermometer um gleichviele Grade sinken; es
10 Minuten erforderlich, damit die Temperatur
strömendes Gas oder Luft um gleich viele Grade
Strömte das Wasserstoffgas langsamer hindurch, so
eine bedeutend geringere Wärmecapacität desselben.
und Marcet sind daher nach ihren Versuchen, d
mit Sauerstoffgas und Stickgas anstellten, überzeugt,
che Volumina der einfachen Gase unter constanten
nämliche Wärmecapacität haben; sie beabsichtigen
suche noch weiter fortzusetzen, als Flüssigkeit im
aber Quecksilber anzuwenden, wegen seiner weit
Wärmecapacität. Die sehr schätzbaren Versuche
dent, dafs durch das beschriebene Verfahren sehr
sultate erhalten werden, hauptsächlich wenn man d
nicht zu klein ausführt und eine hinlänglich grofse
hindurchströmen läfst. Immerhin bleibt aber fraglich
die von Delaroche und Bérard gewählte Method
angegebene übrigens sehr nahe kommt, nicht a
Weise und mit einer engeren Fehlergrenze gleich
selbst noch genauere Resultate zu erhalten wären.
denen Werthe sind nicht auf Wasser als Einheit
habe hierfür aber diejenige Gröfse angenommen,
sive und Marcet schon bei ihren früheren Versu

Digitized by Google

nerkannten, und hieraus sind die in der Tabelle auf-
Bestimmungen entstanden.

ann hier noch beiläufig erwähnt werden, dafs H. Davy[1]
50° F. erhitztes Thermometer in verschiedenen Gas-
52° F. Temperatur erkalten liefs und die ungleichen
afs, die zu einer Abkühlung bis 106° F. erfordert
Das Volumen der Gase war 21 Kubikzoll, die Zeiten
folgende Tabelle.

phärischer Luft .	120 Sec.	Sauerstoffgas . . .	107 Sec.
:offgas	45 —	Salpetergas	162 —
ndes Gas . . .	75 —	Kohlensäure . . .	165 —
xydgas	55 —	Chlor	186 —
. . . . .	90 —		

at sich aber nicht der Mühe, diese ohnehin nicht
i genauen Resultate einer Berechnung zu unter-

Eine ebenso ausführliche als gehaltreiche Arbeit über
sche Wärme der Gase hat Dulong[2] geliefert, und er
bei eine bis dahin noch nicht angewandte Methode.
Versuche von Haycraft, welcher ohnehin seine
nd Verfahrungsarten nicht mit hinlänglicher Ge-
eschrieben hat, findet er zu erinnern, dafs er nur
e zusammengesetzte Gasart, nämlich die Kohlensäure,
und daher nicht berechtigt war, das aufgefundene
alle solche Gase anzuwenden; im Allgemeinen be-
ber, dafs die Beweglichkeit der Gase und die aus
andern Ursachen folgende ungleich schnelle Auf-
Wärme leicht unrichtige Folgerungen herbeiführen
rselbe Einwurf trifft auch die eben erwähnten Ver-
Marcet und Delarive, obgleich Dulong zuge-
sie alle von ihm selbst und Petit für diese Ver-
aufgefundene Vorsichtsregeln in Anwendung ge-
n. Die erste Bedingung, meint er, welche erfüllt
se, bestehe darin, dafs die Wärmemenge, welche

—

1. Trans. 1817. p. 60.
de l'Acad. Roy. des Sc. T. X. Ann. de Chim. et Phys.
18. Poggendorff's Ann. XVI. 438. Wiener Zeitschr. Th.
474. Vergl. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 421.

von dem den zu erwärmenden Körper einschliefsenden G… verschluckt oder abgegeben wird, kein zu grofser Th… gesammten, beim Versuche fortgehenden oder hinzutre… Wärme sey, und diese Bedingung lasse sich bei expa… Flüssigkeiten kaum überall erreichen. Nach den Dim… der von Marcet und Delarive gebrauchten Appara… das Gewicht des Glases 7,017 und der darin enthalten… 0,036 Gramm bei 0,65 Meter Barometerhöhe und 20° C. T… peratur, mithin standen die Wärmemengen, welche b… gleicher Erhöhung der Temperatur bedurften, im Ver… von 126 zu 1, für ein anderes Gas aber von einer m… grofsen Wärmecapacität würde die Gröfse dieses Un… nur $\frac{1}{500}$ der gesammten Wärmemenge betragen. S… Gröfsen zu messen ist nicht wohl möglich, denn bei e… gebenen Zeit von 5 Minuten entspricht das Intervall e… wärmung oder Erkältung um eine gleiche Zahl von G… einem Unterschiede von 36 Tertien. Hiernach leuc… die Zeiten, welche die verschiedenen Gase erforder… sie um eine gleiche Anzahl von Graden erwärmt w… diglich von der ungleichen Geschwindigkeit ab, mit d… die inneren Theile derselben mit den äufseren, die a… me durch unmittelbare Mittheilung von den Wand… Gefäfses erhielten, vermischten, und da alle Gase ei… Expansivkraft besafsen[2], so wichen diese Zeiten de… von einander ab, je beträchtlicher der Temperatur… desselben Gefäfses war, so dafs der Unterschied … werden konnte, wenn sich dessen Wände sehr l… wärmten. Das aufgestellte Argument, der gebrauch… sey fein genug gewesen, um den Unterschied der sp… Wärme verdünnter Gasarten gegen die der dichteren … zu machen, und er müsse daher auch genügen, den U…

---

1 Für den später gebrauchten gröfseren Ballon ist d… nifs 55 zu 1; die neuesten Versuche dieser Gelehrten aber … diesem Vorwurfe nicht.

2 Streng genommen, kann dieses nicht richtig sey… specifisch leichteren Gase haben eine weit gröfsere Fluidi… mentlich ist oben §. 898 nachgewiesen worden, dafs der … dieser Beweglichkeit zwischen Wasserstoffgas und atm… Luft weit gröfser sey, als zwischen der letzteren unter st… geringerem Drucke.

Digitized by Google

ischen Wärme verschiedener Gase merkbar zu machen,
LONG in Zweifel, vielmehr müsse man, um diesen
n begründen, zuvörderst beweisen, dafs die Ungleich-
r Zeit der Erwärmung gleicher Volumina des näm-
er ungleich dichten Gases blofs vom Unterschiede der
n Wärme abhänge. Wenn aber weiter bemerkt wird,
n vergleichbaren Versuchen mit atmosphärischer Luft
5 und 0,26 Meter Quecksilberdruck statt der Zeiten,
r gleichen Erwärmung nöthig waren, die in gleichen
ngten ungleichen Wärmen mitgetheilt seyen, hier-
: die Vergleichung erschwert werde, so gestehe ich,
ieses nicht genau zu begreifen vermag; und aufserdem
Begründung dieses Einwurfes gefordert, man solle
n, dafs die specifische Wärme des Gases vermöge
dünnung auf 0 reducirt sey, was doch in der That
ist. Inzwischen folgert DULONG aus allen diesen
dafs es unzulässig sey, eine Einrichtung dieses Ap-
r eine Verfahrungsweise zu ersinnen, welche erlaube,
eiten der Erwärmung oder der Erkaltung die speci-
me der Gase aufzufinden. Hiernach hält er also die
von DELAROCHE und BÉRARD, obgleich sie eine
enauigkeit zu wünschen übrig lassen, für diejenigen,
ch immer das gröfste Vertrauen verdienen, und da-
chen, um aufser Zweifel zu setzen, dafs alle einfache
mengesetzte Gase unter gleichem Drucke und bei
olumen nicht gleiche Wärmecapacität besitzen. In-
ezögen sich diese Versuche nur auf Gase, die einem
Drucke ausgesetzt sind und die Aufgabe bleibe für
setzung eines constanten Volumens noch ganz uner-
te aber in dieser Beziehung für die experimentelle
ng weit mehr Schwierigkeiten dar, und man habe
Mittel zu ihrer directen Auflösung.

hier vorläufig auf die Bedingungen des gleichen
nd des gleichen Volumens einzugehn, welche ich
zu entwickeln mich bemühn werde, müssen sich
folgende Betrachtungen aufdrängen. Es ist aller-
in Abrede zu stellen, dafs MARCET und DELARIVE
he mit sehr geringen Mengen der Gase anstellten,
e, mit der der übrigen Theile des Apparates, na-
es einschliefsenden Ballons, verglichen, eine kleine

Digitized by Google

Gröfse ist, und die Versuche von Delaroche und Bi
behalten daher allezeit einen grofsen Vorzug, weil sie
beträchtlichen Mengen angestellt wurden; von der ande
aber wird dieser Nachtheil durch anderweitige Bedi
wieder bedeutend aufgewogen. Dem Wesen nach war
brauchte Apparat ein Luftthermometer, und es ist noch
mandem eingefallen, diese Werkzeuge, auch wenn
hältnifs der Massen der eingeschlossenen Luft gegen
schliefsende Hülle noch ungleich gröfser ist, für unge
halten, wonach die Resultate aller mit Luftthermometern
gestellten Versuche höchst unsicher seyn müfsten, was
herigen Annahme ebenso sehr als einer Vergleichung
mit andern, so wie auch unter sich, geradezu wide
Dazu kommt aber der Umstand, dafs im vorliegenden
dem Luftthermometer die Wärme jederzeit unter völ
chen Bedingungen ganz gleichmäfsig zugeführt wurde,
als dieses bei irgend sonstigen Versuchen der Fall
und die Resultate dürfen daher auf weit mehr Genauig
rechte Ansprüche machen, als bei allen andern An
des für so höchst empfindlich geltenden Luftthermo
Fall seyn kann. Der Einfluss der ungleichen Fluidität
hieraus folgenden gröfseren oder geringeren Beweglich
verschiedenen Gase läfst sich zwar auf keine Weise
stellen, allein dieser mufste sich in den ersten Mi
auffallendsten zeigen, in den folgenden aber, wenn
gung einmal begonnen hatte, minder hervortreten; er
in dieser Weise bei dem auffallend fluideren Wasse
wirklich kennbar, allein die Versuche zeigen selbst sehr
fällig, dafs diese Ursache unmöglich die einzig wirksa
konnte, denn sonst hätten sich bei weitem gröfsere
schiede zeigen müssen, und eben die völlige Gleichheit
fundenen Gröfsen ist gerade dasjenige, was unter dies
aussetzung nicht erfolgen konnte. Endlich aber
durch Delaroche und Bérard erhaltenen, in der nach
den Tabelle aufgezeichneten Bestimmungen der spec
Wärmen mit denen verglichen, die durch Marcet und
rive gefunden wurden, mit alleiniger Ausnahme des
genden Gases, eine so genaue Uebereinstimmung, dafs
ringen Unterschiede leicht für Folgen von Beobachtungs
theils bei der Bestimmung der specifischen Wärmen,

Digitized by Google

ttelung ihrer specifischen Gewichte gelten können, da
ren ohnehin nach den verschiedenen Autoritäten um
on einander abweichen, die allein hinreichen würden,
ndenen Unterschiede aus ihnen abzuleiten, was um so
tatt finden kann, wenn beide Fehler auf eine Seite
sich daher summiren.

Es scheint mir am geeignetsten, hier zunächst die-
stellung des ganzen Problems nach ihren wesentlich-
enten anzureihen, welche Dulong gewählt hat. Be-
erfand Laplace[1] durch eine der glücklichsten Inspi-
wie es hier heifst, die Hypothese, dafs man die wirk-
hwindigkeit des Schalles in der Luft und überhaupt
pansibeln Flüssigkeiten erhalten werde, wenn man
Newton's Theorie durch Rechnung gefundene Ge-
teit mit der Quadratwurzel aus dem Verhältnifs der
a Wärme der Luft unter constantem Drucke zur
i Wärme derselben bei constantem Volumen multi-
Wie man sich bemüht habe, aus den Versuchen von
und Désormes[3], häuptsächlich aber von Gay-
id Welter[4] diesen Coefficienten aufzufinden, was
ad Avogadro[6] in Beziehung auf das Problem ge-
, die Wärmemenge aufzufinden, welche durch Ver-
des Volumens einer gegebenen Masse atmosphäri-
gebunden und durch Verminderung desselben erzeugt
on war bereits oft die Rede[7], und es möge daher
gen, die Ansichten Dulong's über die specifische
r Gase zunächst ins Auge zu fassen, welcher alle
nd jeden Grad der Genauigkeit bei anzustellenden
für ungenügend zur Beantwortung dieser Frage hält,
her für weit sicherer erachtet, die wirkliche Ge-

. de Chim. et Phys. T. III. p. 238. Mécan. cél. T. V.

gl. Art. *Schall*, Bd. VIII. S. 412.
n. de Phys. T. LXXXIX. p. 333.
diese stützt sich insbesondere Laplace in Méc. cél. T. V.

os. Magaz. New Ser. T. I. p. 449.
sorie della reale Accademia delle Scienze di Torino. T.
237.
ıben: Erzeugung der Wärme durch Compression der Luft.
ros in Manch. Mem. T. V. p. 525.

schwindigkeit des Schalles in jeder elastischen Flüssig
bestimmen, um diese der Laplace'schen Theorie gemäfs
theoretisch gefundenen zu vergleichen. Dabei halt e
einen erwiesenen Satz, dafs das Quadrat der Schallge
digkeit in einem Gase, dividirt durch die nach N
Formel berechnete Schallgeschwindigkeit, dem Verhä
beiden specifischen Wärmen gleich sey. Nach Laplac
pothese ist nämlich[1]

$$V^2 = g\frac{h}{D}(1+0{,}00375\,t) \times k,$$

also

$$k = \frac{V^2}{g\frac{h}{D}(1+0{,}00375\,t)},$$

worin V die wirkliche Schallgeschwindigkeit, h den Baro
D die Dichtigkeit der Gasart gegen Quecksilber, g die
schwindigkeit fallender Körper in Folge der Schwere, t
peratur in Centesimalgraden bezeichnen und sonach k
Coefficienten, womit die theoretisch gefundene Gesch
multiplicirt werden mufs, um die wirkliche zu erhalten,
dann nichts anderes ist, als das Verhältnifs der sp
Wärme dieser Gasart unter constantem Drucke zu der
stantem Volumen. Für atmosphärische Luft ist die Ge
digkeit der Schallfortpflanzung durch eine Menge Ver
hinlänglicher Genauigkeit aufgefunden, für sonstige
und für Dämpfe ist dieses aber nur durch indirecte
möglich, und wenn dann auf gleiche Weise die Grö
für diese ermittelt ist, so läfst sich für sie gleichfalls d
von k aus der Formel entnehmen. Ueber die Bemüh
verschiedenen Gelehrten, dieses Problem zu lösen, d
der erste unter ihnen, Chladni, und seine nächsten N
die Gröfse k hieraus zu bestimmen die Absicht hatten,
reits ausführlich gehandelt worden[2]; nicht minder sind
suche von Dulong, wodurch er den Factor k mit gröfst
zu ermitteln suchte, so wie die kaum überwindlichen
rigkeiten angegeben, welche mit dem von ihm gewähl
fahren verbunden sind, und es bleibt daher nur noch ü

1 Vergl. Art. *Schall* Bd. VIII. S. 404.
2 Ebend. S. 469.

Digitized by Google

› mitzutheilen, zu denen er auf diesem Wege gelangte.
ls richtig angenommen[1], dafs eine an beiden Enden
feife in der Mitte einen Schwingungsknoten beim Tö-
ält, mithin wegen der Gleichheit der Longitudinal-
ngen des erzeugten und des fortgepflanzten Tones die
einfachen Vibrationen gefunden wird, wenn man die
inge der Pfeife in die Entfernung dividirt, wohin der
elangt, beides für die Zeiteinheit einer Secunde genom-
ad dafs sich daher die Weite der Fortpflanzung des
aus der Menge der Vibrationen einer gegebenen Pfeife
ifst, welche Menge der einfachen Vibrationen durch die
e bestimmt ist, und dafs endlich der genannte Factor k
einzelne Gasart erforderlich ist, um die Weite der
zung des Schalles in einer Secunde theoretisch zu be-
, so mufs sich auch der für jede Gasart erforderliche
von k oder das Verhältnifs der specifischen Wärme jeder
nter gleichem Volumen zu der unter gleichem Drucke
ungleichen Tonhöhe einer und derselben Pfeife beim
nen verschiedener Gase in dieselbe finden lassen, vor-
zt, dafs die übrigen die Tonhöhe sowohl, als auch die
verbundene Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schal-
dingenden Gröfsen hinlänglich berücksichtigt sind. Da
es dieses als genügend bewiesen betrachtet, auch keiner
Sätze der Theorie und zahlreichen Erfahrungen zu Folge
s keinem Zweifel unterliegt, mit alleiniger Ausnahme
die Gröfse k sich beziehenden Voraussetzung, die aber
LOXO als ein festbegründetes Axiom betrachtet wird, so
wenn für eine und dieselbe Pfeife bei Anwendung ver-
ner Gase die aus den Tonhöhen gefundenen Schwin-
engen in einer Sexagesimalsecunde mittlerer Sonnenzeit
n für atmosphärische Luft, durch n′ für irgend ein an-
das bezeichnet werden, wenn ferner p die Dichtigkeit der
gegen die der Luft als Einheit genommen, t und t′ die
naturen der Luft und der verglichenen Gasart und end-
und k′ die genannten Coefficienten für die eine und die
bezeichnen, dafs folgende Proportion als richtig gelten
:

---

[1] S. Art. *Schall*. Bd. VIII. S. 272.

$$n : n' = \sqrt{(1+0{,}00375\,t)}\sqrt{k} : \frac{\sqrt{(1+0{,}00375t)}\sqrt{k'}}{\sqrt{p}}$$

Hierin sind alle Gröfsen bekannt, aufser k' (denn der W
von k wird durch Dulong aus den Resultaten der gena
mittelten Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in atm
rischer Luft, nicht aber aus den zahlreichen, unter sich n
nicht genau übereinstimmenden Versuchen über die Aus
dung der Wärme durch Compression der Luft, entn
welche insgesammt diese Gröfse zu gering geben), au
läfst sich also der Werth von k' für jede Gasart aus d
gestellten Versuchen finden. Ist aber letzterer bekannt, s
den hieraus die in folgender Tabelle enthaltenen Bestim
entnommen.

Gase	Werth von k'	Spec. Wärme bei constantem Volumen, die der Luft als Einheit genommen.	Spec. Wärme bei constantem Druck, die der Luft als Einheit genommen.	Spec. Wärme bei constantem Druck nach Delaroche und Berard.	T
Luft	1,421	1,000	1,000	1,000	0°
Sauerstoffgas .	1,415 1,417 1,413	1,000	1,000	0,976	
Wasserstoffgas	1,409 1,405	1,000	1,000	0,903	
Kohlensäure .	1,337 1,340	1,249	1,175	1,258	
Kohlenoxydgas	1,423 1,433	1,000	1,000	1,034	
Stickstoffoxydg.	1,343	1,227	1,160	1,350	
ölbildendes Gas	1,240	1,754	1,531	1,553	

Dulong bemerkt, dafs hauptsächlich seine Bestimmung
specifischen Wärme des Wasserstoffgases von denen a
Experimentatoren abweiche, was sich jedoch nur auf die
Resultate beziehn kann, die durch ähnliche Versuche, als
seinigen, gefunden wurden, denn die durch Delaroche

Digitized by Google

erhaltene Gröfse weicht nur um 0,024 ab, und da nach
s und Marcet die specifische Wärme aller Gase
n soll, so ist gar kein Unterschied vorhanden. Da-
d Dulong den durch ganz reines Wasserstoffgas er-
lon fast zwei Octaven höher, als den durch atmosphä-
ft, Chladni dagegen erhielt nur eine Octave und die
erze oder gar nur eine Octave, und van Rees zwar
ber immer noch $\frac{1}{9}$ zu wenig, in welchem Falle der
hätte negativ seyn, also durch die Schallwellen keine
ätte ausgepreſst, sondern vielmehr einige hätte ver-
werden müssen.

Dulong erläutert die Sache, die an sich nicht ei-
lunkel ist, ausführlicher, als wohl nöthig seyn dürfte,
ber dadurch zu Resultaten, die im Grunde mit den
clarive und Marcet aufgefundenen übereinstimmen,
er diese anfangs in seiner Abhandlung als unzulässig
en scheint, und doch dürfte die von den letzteren
i angewandte Methode den Vorzug vor der durch Du-
wählten verdienen, deren Basis ebenso wenig, als die
rvorgehenden Folgerungen mit anderweitigen erwiese-
tsachen harmoniren, wie bereits an einem andern Orte[1]
worden ist. Nimmt man die Wärmemenge, welche er-
i ist, um eine Gasmasse, deren Volumen unveränder-
bt, um 1° C. ihrer Temperatur zu erwärmen, als Ein-
so wird die Wärmemenge, welche nöthig ist, um
Masse, sobald sie sich unter ihrem anfänglichen Drucke
nd frei ausdehnen kann, um 1° C. zu erwärmen, 1,421
und die Masse wird, wenn man von ihrem Volumen
usgeht, um 0,00375 zunehmen. Wird dann angenom-
ſs dieselbe Masse, nachdem sie diese Veränderung der
tur und des Volumens erlitten hat, plötzlich ohne
erlust auf ihr früheres Volumen zurückgebracht würde,
te die sich dann einstellende Temperaturerhöhung blofs
Wärmeportion herrühren, welche dieselbe Masse bei
usdehnung von 0,00375 ohne anderweitigen Wärme-
absorbiren würde, und gilt dann die Wärmecapacität
prünglichen Volumens als Einheit, so ist der Ueber-
von 0,421 das Mafs des thermometrischen Effectes,

---

[1] S. Art. *Schall*. Bd. VIII. S. 424.

Digitized by Google

welcher in der Masse bei constantem Volumen durch
0,00375 betragende Verdichtung hervorgebracht wird.
dieser Schluſs gilt auch für die übrigen einfachen ela
Flüssigkeiten, da die geringen Abweichungen sich leic
Beobachtungsfehler betrachten lassen, und so folgt also,
sie bei gleicher Verdichtung gleiche Temperaturerhöhung g
Da aber erwiesen ist, daſs die einfachen Gase unter co
tem Drucke gleiche specifische Wärmen haben, so erklär
dieses am einfachsten aus der Annahme, daſs die Gase
bei constantem Volumen eine gleiche specifische Wärme
sitzen, und daſs sie alle bei gleicher *Condensation* eine
absolute Wärmemenge entwickeln. Für die übrigen, nic
fachen, gasigen Substanzen folgt aus den Versuchen, da
Verhältniſs der beiden specifischen Wärmen im Allg
desto kleiner wird, je gröſser die Wärmecapacität des Ga
welchem dieser Coefficient angehört, und diesemnach is
Temperaturerhöhung, welche in verschiedenen Gasen dur
gleiche Condensation hervorgebracht wird, desto gerin
gröſser die specifische Wärme ist. Hiernach findet a
einfachen Gasen sowohl, als auch bei den zusammenge
das nämliche Verhalten statt, und wir gelangen sonach zu
genden, durch ihre Einfachheit merkwürdigen, Gesetzen: D
Gase, wenn man bei gleicher Temperatur und unter gl

---

1 Dieser Satz ist es eben, welcher sich nicht wohl mit d
fahrung vereinigen läſst, denn es würde folgen, daſs ein Ga
es durch eine Zusammendrückung um 0,00375 seines Volumens
Wärme abgäbe, durch eine Zusammendrückung um 2 seines V
also um das Doppelte, nach der Proportion

$$0{,}00375 : 0{,}421 = 2 : x$$

nicht weniger als 224°,8 C. Wärme abgeben müſste. Allerdings
hier nur die Rede seyn von dem Verhältniſs der specifischen W
der Gase unter gleichem Drucke zu der unter gleichem Volum
Gase, und ein gleiches Volumen ist mit der Compression gle
lich; allein dieses Argument würde nur die Begriffe verdunk
im folgenden §. gezeigt werden soll, und aufserdem könnte m
einem gegebenen Volumen Luft ein anderes gleiches Volum
gleicher Dichtigkeit pressen, Navier gelangt durch einen ge
Calcül, wobei er sich auf die Versuche von Clément und D
so wie von Delaroche und Bérard stützt, zu dem Resultate,
durch $\frac{1}{176}$ Verminderung des Volumens 1° C. Wärme frei wird
grofse Unterschied beider Bestimmungen ist nicht geeignet, Ver
zu erwecken.

Digitized by Google

ein gleiches Volumen von ihnen nimmt und plötzlich
en gleichen Bruchwerth dieses Volumens zusammen-
oder ausdehnt, entwickeln oder verschlucken eine glei-
olute Wärmemenge; 2) die Temperaturänderungen, die
hervorgehn, verhalten sich umgekehrt wie die specifi-
Värmen bei constantem Volumen.

3) So schätzbar die hier mitgetheilten Versuche auch
nd so sinnreich die gewählte Methode zur Bestimmung
cifischen Wärmen verschiedener Gasarten auf den er-
ck auch scheinen mag, so kann dieselbe doch zu kei-
ügenden Resultaten führen, weil von vorn herein zwei
ls nothwendig mit einander verbunden betrachtet wer-
ren Abhängigkeit von einander erst eines genügenden
s aus der Erfahrung bedarf. Um sich hiervon zu über-
darf man nur den eigentlichen *Begriff der specifischen*
, wie er nicht blofs in Beziehung auf gasförmige Flüs-
s, sondern auch auf Körper von jedweder Aggregatform
äfs festgesetzt ist, und mit den allgemeinen Principien
s Verhalten des Wärmestoffes an sich und in Bezie-
f die Molecüle der Körper im Einklang steht, genau
ge fassen. Nehmen wir irgend einen Körper bei einer
ichen Temperatur, so enthält derselbe eine gewisse
Wärme, d. h. seine Molecüle, die der blofsen Attraction
zur unmittelbaren Berührung unter sich gelangen wür-
verden durch die sie umgebenden Wärmesphären in ei-
wissen Abstande von einander gehalten, welcher durch
bile Gleichgewicht zwischen der Anziehungskraft der
e unter sich und der Repulsion der Wärme bedingt ist.
vorhandene Wärmestoff wirkt auf diese Weise repulsiv
ofs gegen die Molecüle des gegebenen Körpers, son-
ch gegen die eines jeden, in seinen Bereich kommen-
dern Körpers, und er wird daher, um dieses kurz aus-
en, die Gröfse seiner Spannung auch durch die Grade
iner Wirkung ausgesetzten Thermometers kenntlich ma-
Wird einem solchen Körper weitere Wärme zugeführt,
die Repulsion wachsen, seine Molecüle werden sich
von einander entfernen und sein Volumen mufs sich
ern; eine gleiche Wirkung auf das mit ihm verbundene
meter ist hiermit unzertrennlich verbunden, und die
atur zeigt sich höher. Hieraus folgt nothwendig, dafs

Digitized by Google

ein und derselbe Körper, wenn er durch mechanische K
bei der erhaltenen Temperatur genau um soviel zusam
drückt würde, als er durch die Erhöhung seiner Wärm
gedehnt ist, und er wieder zur ursprünglichen Temper
rückkehrte, genau so viele Wärme abgeben müfste, als
Erzeugung der ihm gewordenen Volumensvermehrung
nommen hätte; dagegen folgt durchaus nicht, weder aus
retischen Gründen, noch aus den bisherigen Erfahrungen
zu gleichen Volumensvermehrungen verschiedener Körper
bei ihre sensibele Wärme zugleich dieselben Grade des
mometers angiebt, auch gleiche Quantitäten Wärme
werden. Theoretisch kann dieses nicht wohl statt finden,
fern die hierzu erforderliche Wärmemenge durch die
hung der Molecüle der gegebenen Körper unter sich und
die Molecüle der Wärme bedingt wird, weswegen auch die
dehnungen der verschiedenen Körper so bedeutend ungleich
Die für die verschiedenen Körper, unter der Voraus
dafs sie ihren Aggregatzustand nicht ändern, erforderli
memenge, die sie bedürfen, damit ein ihrem Einfluss
setztes Thermometer von einem gegebenen Stande zu
höheren Stande übergeht (welche Thermometerstände
bei allen gleich seyn müssen) und welche also erforder
um einen gleichen Zuwachs der in ihnen wirksamen
Wärme zu erzeugen, heifst dann ihre *specifische Wär*
so fern die Eigenthümlichkeit der Körper, zur Erzeugung
ser Veränderung ihres Zustandes mehr oder weniger Wä
bedürfen, in ihnen selbst liegt, legen wir ihnen eine
oder geringere *Wärmecapacität* bei. Dieser Begriff ist
aus scharf und bestimmt, und läfst sich auf alle Kör
den verschiedensten Bestandtheilen und bei ungleichem
gatzustande anwenden; es folgen aber aus der Natur
che einige Bedingungen, welche keineswegs übersehen
dürfen.

Zuvörderst ist eine Vergröfserung des Volumens
gänglich nothwendige Bedingung, sobald man die spe
Wärmecapacität zu ermitteln strebt; es kann von dies
die Rede seyn, wenn nicht Wärme hinzukommt und
bestehende Volumen vermehrt wird, wobei wir das E
gesetzte, nämlich Verminderung der Temperatur, ganz
rücksichtigt lassen können, weil die hieraus hervorg

Digitized by Google

e die nämlichen, wenn auch die umgekehrten sind.
n aber von einer gegebenen Temperatur = t aus, und
andern = t′ über, wird hierzu eine gewisse Wärme-
= (t′ — t) x erfordert, die wir einmal als bekannt und
ehmen wollen, geht man weiter von der Temperatur
einer andern = t″ über, so dafs (t′ — t) = (t″ — t′) ist,
nothwendig hierzu eine gewisse Wärmemenge = (t″ — t′)x′
werden, und dann fragt sich, ob x′ = x also = a oder
⊿a seyn wird. Nach theoretischen Gründen ist die
it beider Werthe höchst unwahrscheinlich, so wie nicht
die Annahme, dafs x′ = a — ⊿a seyn sollte; denn
rch Vermehrung der Wärme das Volumen eines Kör-
hst, mithin seine Molecüle weiter von einander ge-
verden, und sich die Masse der Wärme zwischen ih-
äuft, so wird diese, wenn sie auch einen gleichen
Effect auf das Thermometer ausübt, nicht in glei-
odern in verhältnifsmäfsig vermehrter Masse vorhanden
ssen, und hiernach müfste x′ = a + ⊿a seyn, was
der Erfahrung übereinstimmt, wie sich später zeigen
Wie grofs der absolute Werth dieses Unterschiedes sey,
er zu ermitteln, da es schon eine schwierige Aufgabe
afinden, ob überall ein Unterschied statt findet; noch
aber darf man hoffen, das Gesetz der Zunahme dieser
ungen mit steigenden Temperaturen genau zu ermitteln.
wäre insofern minder wesentlich, als sich aus den Re-
der Versuche ergiebt, dafs der absolute Werth dieser
ur sehr klein ist. Wie dieses aber auch seyn mag, so
h hieraus hervor, dafs die für einen gewissen Tempe-
rschied t′ — t gefundene specifische Wärmecapacität mit
ier Schärfe weder zu t noch zu t′, sondern, und auch
ur annähernd, zu $\frac{t' + t}{2}$ gehört. So wie man also das
e Gewicht eines Körpers auf 0° seiner Temperatur re-
müfste auch die specifische Wärme auf eine bestimmte
tur reducirt werden, wozu aber bis jetzt noch meistens
uen Bestimmungen fehlen.

) Berücksichtigen wir, statt wie bisher alle Körper von
cher Aggregatform, speciell die gasförmigen Substan-
mufs auf sie das als allgemein gültig Behauptete gleich-
wendung leiden, allein es kommt dann bei ihnen der

Digitized by Google

hohe Grad der Ausdehnung in Betrachtung, welchen sie die Erhöhung der Temperatur erleiden, da sie sich im Mittel etwa 100mal stärker, als die meisten starren und ungefähr 8mal stärker, als Wasser ausdehnen. Wenn die Ausdehnung der festen Körper nach theoretischen Gründen einen Einfluſs auf ihre Wärmecapacität haben muſs, auch die Erfahrung ergiebt, daſs diese mit zunehmender Temperatur wächst, so muſs dieser Einfluſs bei gasförmigen Körpern noch gröſser seyn, und derselbe verdient daher vorzugsweise berücksichtigt zu werden; inzwischen sind keine Versuche bekannt, welche hierüber genügende Aufschlüsse zu geben vermöchten. Nach der Analogie der festen und tropfbar flüssigen Körper zu schlieſsen, müſste man vermuthen, die specifische Wärme auch bei den Gasen mit der Zunahme der Temperatur wachse; wir werden aber später sehen, daſs dieser Einfluſs beim Wasser ungleich kleiner ist, als bei festen Körpern, und wenn wir annehmen, daſs derselbe der Zunahme der Ausdehnung umgekehrt proportional sey, so könnte er bei den Gasen schon negativ werden, und deren specifische Wärmecapacität bei höherer Wärme sogar geringer seyn, als die durch Delaroche und Bérard einerseits, und durch Delarive und Marcet andererseits erhaltenen Bestimmungen als völlig genau gelten, so könnten sie zum Beweise dieses Satzes dienen, denn die mittlere Temperatur der untersuchten Gase war bei den Ersteren eine beträchtlich höhere, als bei den Letzteren, und dennoch fanden jene im Ganzen die specifischen Wärmen der nämlichen Gase geringer, als diese, deren Versuchungen bei weit geringeren Temperaturen angestellt wurden. Bei festen Körpern ist übrigens die mit wachsender Temperatur zunehmende Wärmecapacität so bedeutend, wie wir sehen werden, daſs der Unterschied allerdings Beachtung verdient, bei den Gasen aber scheint letzterer so gering zu seyn, daſs man ihn vorläufig füglich vernachlässigen darf; auf jeden Fall kann aber dieser Umstand der Bestimmung der specifischen Wärmecapacität der Körper überhaupt nicht im Wege stehen.

405) Eine zweite Eigenthümlichkeit der Gase, die sie von tropfbaren Flüssigkeiten und festen Körpern gar nicht auf die Bestimmung der specifischen Wärmen aber nothwendig einen bedeutenden Einfluſs ausüben muſs, ist eben ihre Expansion, wodurch die Gröſse der zu den jedesmaligen Ver-

Digitized by Google

lten Masse ausnehmend bedingt wird. Inzwischen sind rüber bestehenden Gesetze mit so grofser Genauigkeit ründet, dafs die hieraus entnommenen Correctionen dem ifs vollkommen Genüge leisten, und man daher jeder- t gröfster Schärfe die zu den Versuchen verwandten zu bestimmen vermag. Handelt es sich daher um die , die specifische Wärme der Gase aufzufinden, so kann immung der zu den Versuchen verwandten Massen keine Schwierigkeiten machen, von der andern Seite t gestaltet sich aber die Aufgabe ganz anders, und wird verwickelter.

h dem so eben aufgestellten Satze wird jede Gasart, an sie um einen aliquoten Theil ihres Volumens zu- lrückt, gerade so viel Wärme hergeben, als sie auf- müfste, um aus dem durch Compression erhaltenen bei ungeändertem Drucke und gleichbleibender Tem- wieder zum ursprünglichen Volumen zurückzukehren. durch erzeugte oder absorbirte Wärme hat aber, genau en, mit ihrer specifischen Wärmecapacität nichts ge- nindestens darf sie mit dieser nicht als identisch be- werden, vielmehr gehört sie zur Classe der durch sion frei gewordenen Wärme. Allerdings ist, wie so ichfalls gezeigt wurde, bei der Untersuchung der spe- Wärme unter constantem Drucke eine Vergröfserung umens unvermeidlich, weil keine Versuche ohne den ng der Gase von einer Temperatur zu einer andern sind, und hiermit eine Veränderung des Volumens dig verbunden ist, wenn die Bedingung des gleich- n Druckes verlangt wird; allein eben diese Verände- Volumens findet auch bei tropfbar flüssigen und star- pern, wenn gleich in einem weit geringeren Grade o wenig es aber geeignet seyn würde, die specifische eines festen Körpers, z. B. des Kupfers, aus der Quan- rme zu bestimmen, welche durch Compression dessel- einen aliquoten Theil seines Volumens frei wird, eben- ; kann dieses auch bei den Gasen geschehn[1]. Wird

[1] f ein hiermit allerdings zusammenhängendes Verhalten der ich gar kein Gewicht, und ziehe dasselbe daher nicht in ich der vorliegenden Untersuchung. Bekanntlich werden, wo wifs, doch muthmafslich alle Gase durch Entziehung der

Digitized by Google

dieses aber zugegeben, so kommt man offenbar in einen derspruch mit den so eben aufgestellten Sätzen; denn diejenige Wärme die specifische einer Gasart heifst, welche forderlich ist, dieselbe von einer gewissen Temperatur = zu einer höheren = t′ zu erwärmen, wobei dann zugleich Volumen v in ein anderes = v′ übergeht, gleichbleibenden fseren Druck vorausgesetzt, so scheint es auf den ersten als sey dieselbe identisch mit derjenigen, welche an Gase ausgepreſst wird, wenn man dasselbe wieder bis nem anfänglichen Volumen V zusammenpreſst und zur lichen Temperatur = t zurückbringt. Eine nähere B zeigt aber bald den wesentlichen Unterschied zwische Ist von *specifischer Wärme* der Gase die Rede, so nach der Analogie mit allen übrigen Körpern diejeni ter verstanden werden, welche erfordert wird, das der Temperatur t auf die Temperatur t′ zu brin bei dann die gleichzeitige Ausdehnung des Gases Hinzukommendes ist, was bei allen andern Körpern falls, aber in einem geringeren Grade, statt finde dagegen ein Gas zusammengedrückt, so geht es von peratur t zur Temperatur t′ über, und die hierdurch dende Wärme müfste eigentlich zunächst *Wärme d pression* genannt werden, man hat aber beide A Wärme neuerdings *specifische Wärme unter co Drucke* und *specifische Wärme unter constantem* genannt.

Um beide besser mit einander zu vergleichen, w

Wärme und durch Compression tropfbar flüssig, und ändern ren Aggregatzustand. Ebenso wenig, als dieses, wird aber bestritten, dafs dieselben Körper in ihren verschiedenen A ständen auch verschiedene specifische Wärmecapacitäten ha destens ändern sich die letzteren sehr bedeutend beim U aus dem einen in den andern, und sind auf jeden Fall w ses Ueberganges nicht meſsbar. Man könnte daher auch die Gase sich in Folge jeder Compression und Wärmeen diesem Uebergange befänden, mithin keine Untersuchung cifischen Wärme gestatteten; allein die geringe, bei den dieser Art vorkommende Abkühlung oder Compression kan weniger in Betrachtung gezogen werden, als die Veränderu gregatform durch starken Druck und sehr intensive Kälte erfolgt.

Digitized by Google

m, es sey $t' = t + \alpha$, wobei t jede willkürliche Tem-
bezeichnen kann. Wird bei gleichbleibendem Drucke
peratur des Gases um α erhöhet, so verwandelt sich
men V in V' oder in $V + \omega$, und dem Gase mufs
Temperatur zugeführt werden, wenn eine Volumens-
ng von ω erzeugt werden soll. Nimmt man dagegen
men Gas $= V$ bei der Temperatur t, und bringt man
Compression auf ein Volumen $V'' = V - \omega'$, so wird
nperatur von t zu $t + \alpha'$ übergehn. Berücksichtigen
ei blofs die Unterschiede der Temperaturen, sofern im
lle α zugeführt, im zweiten α' frei wird, in beiden
er diese Ueberschüsse in der als gleich angenomme-
unveränderten Masse des Gases vorhanden sind, so
, wie beide sich zu einander verhalten, und dieses
ls wäre dann das, was man durch specifische Wärme
stantem Drucke und unter constantem Volumen ver-
ls genügend erwiesen darf gelten, dafs für $\alpha = 1$ die
$= 0{,}00375$ wird, oder dafs jede Gasart sich durch
ihrer Temperatur um $\frac{1}{267}$ seines Volumens ausdehnt,
ber sagt Dulong ausdrücklich, dafs durch die Com-
der Gasart um $\frac{1}{267}$ ihres Volumens 1° C. frei werde,
ch müfsten bei gleich seyn, es könnte also kein an-
ältnifs zwischen der specifischen Wärme unter glei-
ke und unter gleichem Volumen, als das der Gleich-
finden; allein so gewifs der erste Satz durch Er-
gründet ist[1], ebenso wenig stimmt der letzte mit
er angestellten Versuchen überein[2], theoretisch be-
ürde derselbe aber zu Folgerungen führen, die sich
il mit unbestreitbaren Thatsachen vereinigen lassen.
ir uns ein gewisses Volumen Gas $= V$ von gegebe-
, welchem zu seiner Temperatur $= t$ noch Wärme
hrt wird, so dafs hiernach sein Volumen um die Gröfse
so mufs die Temperatur desselben $= t + \alpha$ bleiben,
fortdauernd gleichem Drucke das Volumen $= V + \omega$
ll. Wird dann dieses Volumen $= V + \omega$ so weit

---

st aufserwesentlich, die ältere Bestimmung von 0,00375
dehnung der Gase durch 1° C. statt der neuesten richtigern
n.

gl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1008.

Digitized by Google

zusammengedrückt, dafs es wieder zum früheren V
so steigt die Temperatur von $t + \alpha$ zu der höheren
und α' wird frei, die Elasticität des Gases (oder
desselben) geht aber nicht zu derjenigen zurück,
vor seiner Ausdehnung durch Wärme besafs und
Temperatur t zugehörte, sondern zu derjenigen,
Temperatur $t + \alpha$ gehört, als welche ihm auch n
sammendrückung und nach dem Abgeben von α'
nachdem es dann noch α abgegeben hat, wird es
ändertem Volumen seine ursprüngliche Elasticität
ten. Hieraus folgt aber keineswegs, dafs $\alpha = \alpha$
und ebenso wenig ist die Folgerung begründet, da
sammendrückung eines Gases um einen aliquoten
Volumens gerade so viel Wärme frei werden soll
derlich ist, dasselbe bei unverändertem Drucke un
chen aliquoten Theil auszudehnen; denn der phy
desselben ist in beiden Fällen verschieden, sofe
steren eine gröfsere Dichtigkeit hat als im letzte
jenem seine Molecüle einander näher gebracht sin
sem. Es könnte dieses nur dann statt finden, w
gegebenen Masse eines Gases zugehörige Wärmen
Zahl seiner Molecüle unabhängig wäre, und blof
nommenen Raume zugehörte, in welchem Falle di
minderung dieses Raumes frei gewordene Wärme
betragen müfste, als die zum Erfüllen eines verg
mes erforderliche. Läfst sich gleich nicht bewei
solches Verhalten unstatthaft sey, so folgt seine
doch keineswegs von selbst, und es mufs daher
Wärme der Gase, d. h. diejenige Menge, welch
ist, um eine gegebene Masse von einer Tempera
andere $t + \alpha$ zu bringen, ebenso wohl als diejen
dadurch frei wird, dafs man dieselbe Masse von
V auf das kleinere $v - \omega$ zurückbringt, durch
gemittelt werden, wozu sich jedoch die durch D
stellten nicht eignen, weil sie auf noch unerwi
beruhn. Mit Recht wendet aufserdem Suermas
selben ein, dafs die Gleichheit der specifischen W
verschiedenen elastischen Flüssigkeiten aus ihrer

1 Dissert. de calore fluidorum elast. specifico. p. 6

Digitized by Google

ei Versuche mit Sauerstoffgas und die zwei mit
as angestellten nach derselben Seite hin abweichen;
ber sey die Aehnlichkeit der specifischen Wärmen,
ONG aus seinen Versuchen berechne und aus denen
OCHE und BÉRARD ableite, keineswegs so grofs,
n jenem daraus entnommenen Folgerungen als ge-
ündet erscheinen könnten.

ebergehn wir demnach die Bemühungen der Ge-
lche darauf gerichtet sind, die durch Compression
i werdende Wärme aufzufinden[1], und betrachten
enigen, welche geeignet sind, die specifische Wär-
n der Feststellung dieses Begriffes gemäfs anzuge-
dienen zunächst die von JAMES APJOHN erwähnt zu
ie Resultate seiner ersten Versuche machte er in der
g der brittischen Naturforscher im Jahre 1835 be-
äufserte dabei, dafs die von ihm angewandte Me-
neue, von ihm erfundene sey, gegründet auf die
nstung entstandene Kälte. Die Formel, deren er sich
m aus den durch Versuche gefundenen Gröfsen die
Wärme der Gase zu ermitteln, ist folgende:

$$f'' = f' - \frac{48\,a\,d}{e} \times \frac{p}{30},$$

$$a = \frac{(f' - f'')\,e}{48\,d} \times \frac{30}{p}$$

ird, wenn f'' die Elasticität des Wasserdampfes
puncte; f' seine Elasticität bei der Temperatur t',
benetzte Thermometer angiebt; d den Unterschied
peratur und der Temperatur der Luft = t; e die
wärme des Wasserdampfes bei seiner durch f' aus-
Spannung; a endlich die specifische Wärme der zu
hen genommenen Gasart bezeichnet. Diese Formel,

—

Vollständigkeit wegen erwähne ich H. MEIKLE in Edin-
Phil. Journ. N. IV. p. 328. Vergl. N. II. p. 332. Uebri-
Art. *Erde*. Bd. III. S. 1008.

tial report of the Proceedings cet. at the Dublin Meeting.
daraus in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLI. p. 385.
335. p. 413. Ann. des Mines T. IX. Liv. II. p. 275.

Digitized by Google

welche nach Suerman[1] mit der von Gay-Lussac[2] gewö
nahe übereinstimmt, wird durch Poggendorff[3] für un
erklärt, indem vielmehr die von Gay-Lussac aufgestell
richtige sey, wonach

$$\varphi(t').\delta\lambda = A \times [p - \varphi(t')](t - t')$$

ist, worin p den Barometerstand; t die Temperatur des
nen Gases; t′ die Temperatur des mit Wasserdampf gesä
$\varphi(t')$ die Spannkraft des Wasserdampfes bei der Tem
t′; δ dessen specifisches Gewicht gegen das der Luft =
die latente Wärme desselben; x die gesuchte specifische
des Gases unter constantem Druck gegen die eines gle
fsen Gewichts Wasser als Einheit angenommen bez
Hierzu kommt aber noch, dafs A, d. h. das specifis
wicht des Gases, ebenso wie das der atmosphärischen L
jener oberen Formel gleich Eins gesetzt ist. Auch Ba
hat sich gegen die von Arjohn angewandte Formel,
sächlich aber in Hinsicht der gewählten numerischen
bestimmungen erklärt, inzwischen scheint es uns gera
wohl diese Discussion, als auch die Beschreibung sei
angewandten Apparates und der damit erhaltenen Re
übergehn, um so mehr, als er selbst beide für unvo
erklärt. Arjohn[5] wurde aber später mit den Leistu
derer Gelehrten, namentlich den gleich zu erwähnen
Suerman bekannt, prüfte seine Formel abermals, m
eine neue Reihe von Versuchen an, hauptsächlich d
weil er die von ihm für Wasserstoffgas gefundene Be
nicht wohl mit der durch Delaroche und Bérard
nen vereinigen konnte und die Abweichung gröfser f
dafs sie eine Folge der begangenen Fehler seyn konnte.

Der erste Apparat, dessen sich Arjohn bediente,
blofs aus einer in Form eines U gekrümmten, etwa
Glasröhre, welche unten mit Schwefelsäure gefüllt wi

---

1 Poggendorff's Ann. XXXI. 476.
2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 82.
3 Dessen Ann. T. XXXIX. p. 521. Vergl. §. 465. An
4 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLIV. p. 21.
5 Report of the Sixth meeting of the Brit. As. Lon
38. London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXXII. p. 261.
p. 339.

Digitized by Google

n diese getriebene Gas völlig trocken würde. An dem gesetzten Schenkel von dem, in welchen das Gas ein- r eine horizontale Glasröhre befestigt, durch welche etende Gas strömte. In diesem befand sich ein Ther- um die Temperatur des ausgetrockneten Gases zu he es mit einem zweiten, gleichfalls in dieser Röhre en, mit benetztem Musseline überzogenen Thermo- Berührung kam, und die Wärme, welche beide zeig- n dann die Elemente zur Berechnung. Sein später r Apparat dagegen bestand aus zwei kupfernen Ga- Fig. A und B, mit Vitriolöl statt Wasser gefüllt, worein 64. glocken C und D gesenkt wurden. Sie standen auf che etwa 3 Fufs von einander, und hatten jedes ei- m und n, an welchen an dem einen eine weitere, ndern eine engere Glasröhre mittelst Federharz fest- eren andere Enden luftdicht eingeschmirgelt waren, so chliefsend in einander gesteckt wurden. In der wei- röhre befand sich das trockene Thermometer t, in m das benetzte t′; ein Gehülfe drückte die durch Vi- sperrte und die über der Säure ausgetrocknete Luft e Glocke nieder, so dafs die Luft durch die Röhren während der Beobachter mittelst einer Linse den Stand nometer ablas und aufzeichnete, sobald das benetzte unden stationär geworden war. Zur Erleichterung eration war an die messingnen Fassungen E und F ten ein Seil geknüpft, welches über die Rollen G und nd so gespannt war, dafs die eine Glocke den Boden neters erreichte, wenn die andere mit ihrem unteren e obere Fläche der Schwefelsäure berührte. Es be- m nur noch, dafs der Stand des Barometers abgelesen um die erforderlichen Gröfsen für die angegebene

$$a = (f - f') \frac{e}{48\,d} \times \frac{P}{30}$$

n. Waren die Versuche mit andern Gasen angestellt, n diese genau analysirt, und fanden sich in denselben e atmosphärische Luft, so wurde eine Correction an- nach der Formel

$$a' = a + \frac{(a - e)\,n}{100 - n},$$

worin e = 0,267 die specifische Wärme der atmosphäri[illegible] Luft und a′ die corrigirte specifische Wärme des unter[illegible] Gase sbezeichnet. Apjohn hat die von ihm gefundenen [illegible] fischen Wärmen mit den durch Delaroche und [illegible] desgleichen durch Dulong erhaltenen zur besseren Verg[illegible] in folgender Tabelle neben einander gestellt.

Gase	Apjohn	Delaroche u. Bérard	Dulong
atmosphärische Luft	1,000	1,000	1,000
Stickstoffgas . . .	1,048	1,006	1,000
Sauerstoffgas . . .	0,808	0,976	1,000
Wasserstoffgas . .	1,459	0,900	1,300
Kohlensäure . . .	1,195	1,258	1,172
Kohlenoxydgas . .	0,996	1,034	1,000
Stickstoffoxydul .	1,193	1,350	1,159

Aus diesen Resultaten folgert er erstlich dafs das [illegible] craft, Marcet und Delarive und andern gefun[illegible] setz, wonach die einfachen Gase unter gleichem Druck [illegible] specifische Wärme haben sollen, falsch sey; zweitens [illegible] long's Gesetz, wonach die einfachen Gase bei constan[illegible] lumen dieselbe specifische Wärme haben sollen, für W[illegible] stoffgas nicht gelten könne, und drittens dafs das einfa[illegible] hältnifs zwischen den specifischen Wärmen und den [illegible] wichten (§. 426 ff.) nicht statt finden könne. Prüft [illegible] diese Versuche genauer, namentlich in Beziehung auf [illegible] flufs der Gefäfse, die unvermeidlich ungleiche Zus[illegible] drückung der Gase u. s. w., und berücksichtigt man [illegible] geringe, zu den Versuchen jederzeit genommene Quan[illegible] die gesammte Einrichtung der Versuche, so kann [illegible] umhin zu gestehen, dafs dieselben den bereits besch[illegible] nicht gleich kommen, und die erhaltenen Resultate [illegible] kein unbedingtes Vertrauen erwecken können.

407) Gleichzeitig mit Apjohn und auch später, [illegible] ihm die Versuche des Letzteren schon bekannt gewor[illegible] ren, stellte auch Suerman[1] wiederholte schätzbare V[illegible]

1 Dissertatio physica inauguralis de calore fluidorum [illegible]

Digitized by Google

r nämlichen Methode an. Der Apparat, dessen er sich diente[1], bestand aus zwei Gasometern, deren jeder 38 ste. Um das Gas aus diesen gleichmäfsig ausströmen en, bediente er sich der bekannten Vorrichtung, in Zeiten eine gleiche Menge Wassers in sie fliefsen zu wodurch die Luft aus ihnen gleichfalls in einem stets äfsigen Strome ausgetrieben wurde[2]. Beide Gasometer gleich grofs, und diesemnach war die Einrichtung so , dafs das aus dem einen in das andere übergeführte den ersten wieder zurücktrat, und auf diese Weise zu n wiederholten Versuchen diente. Um zu verhüten, Gas vom Sperrwasser absorbirt werde, weswegen Dr- und Bérard dasselbe in Thierblasen oder Kaut- Schläuchen eingeschlossen hatten, enthielten die Re- statt gemeinen Wassers eine concentrirte Lösung von lz, welches das Absorptionsvermögen bedeutend vermin- So fand sich dann auch, dafs Sauerstoffgas, Wasserstoff- ohlenoxydgas und selbst Stickstoffoxydulgas nach mehr- n Durchleiten nur eine geringe Spur von atmosphäri- uft aufgenommen hatten. Trockenheit der Gase ist bei Art zu experimentiren weit mehr erforderlich als bei ndern. Um hierüber versichert zu seyn, ging der Gas- nach seinem Austritt aus dem Gasometer zuerst auf den einer grofsen Woulff'schen Flasche herab, die mit felsäure gefüllt war, worin zur Vergröfserung der Ober- und um das Gas mehr zu vertheilen, Glasstücke lagen, durch einen 90 Decim. langen, 73 Millim. weiten, mit alcium gefüllten gläsernen Cylinder. Auf diese Weise mmen ausgetrocknet wurde es in eine gekrümmte Weifs-

---

o cet. scripa. Alex. Car. Guil. Suerman. Traj. ad Rhen. 1836. Ein gedrängter Auszug in Poggendorff's Ann. XLI. 474. Ann. m. et Phys. T. LXIII. p. 315.

Eine ausführliche, durch Figuren erläuterte Beschreibung desfindet man in der angegebenen Dissertation; sie erfordert aber, standen zu werden, zu viele Zeichnungen und eine zu specielle aller einzelnen Theile, als dafs ich ihre Aufnahme für angehalten könnte.

Das Princip dieser Art Vorrichtungen findet sich in Art. *Ae*. Bd. I. S. 259. und Art. *Gasometer*. Bd. IV. S. 1129. Vergl. er Éléments de Physique 3me éd. T. I. p. 195 ff.

Digitized by Google

blechröhre geleitet, deren beide aufstehende Schenkel
Thermometer von Greiner enthielten, die das Ablesen von
Graden gestatteten. Beider Kugeln konnten nach ihre
lung nicht auf einander einwirken; das erste Ther
diente aber dazu, die Temperatur des aus dem Trocken
austretenden Gases zu bestimmen; das zweite, welches d
Verdunstung erzeugte Kälte angab, und dessen Kugel
mit Battist umhüllt war, konnte mittelst einer Schrau
Belieben herausgenommen werden, um die Kugel von
Zeit zu befeuchten. Während des Oeffnens dieser
ward der Druck etwas verstärkt und dadurch verhü
keine fremde Luft eindrang, indem vielmehr von d
Versuche dienenden Gase eine Kleinigkeit entwich. Zwis
den Thermometern befand sich ein Manometer, um d
des strömenden Gases zu messen. Hauptsächlich wa
dert, den Stand des befeuchteten Thermometers, wo
tionär wurde, genau zu erhalten. Zu diesem Ende d
bekannte Methode des Schwankens über und unter
suchten Mittel, deren sich auch Delaroche und B
dient hatten. Das befeuchtete Thermometer wurde etw
die gesuchte Temperatur erkaltet, und nach dem E
desselben die Zunahme der Temperatur bis nahe zu
seiner stationären Wärme beobachtet, durch momentanes
fsen des Hahns und kurze Unterbrechung des Gasstrom
das Thermometer Wärme von aufsen auf, überschritt
Kleinigkeit das gesuchte Mittel, und nach dem Wie
des Hahns gaben die Beobachtungen in gleichen Zeitin
als vorher beim Steigen desselben eine absteigende Rei
Mittelwerth aus den Endtemperaturen beider Reihen
dann die gesuchte Temperatur genau. Weil aber g
eine vollkommene Coincidenz statt fand, so genügten
einige Beobachtungen in absteigender und dann einige
steigender Reihe, aus denen das Mittel als die richtige
Gröfse galt.

Es ergab sich bei den ersten Versuchen ein b
Unterschied zwischen der beobachteten und der nach
Lussac's Theorie berechneten Verdunstungskälte, in
Erfahrung stets hinter der Theorie zurückblieb. Beide
kamen sich indefs stets um so näher, je rascher die
strömte, und daher argumentirte Suzeman mit Recht, da

Digitized by Google

les gebildeten Dampfes mit der Geschwindigkeit des
es wächst, und hieraus also keine Einwirkung auf die
: Temperatur hervorgehn kann, indem die einerseits
: und andererseits zugeführte Wärme stets das nämli-
ältnifs beibehalten; der Unterschied zwischen Theorie
hrung kann also keine andere Ursache haben als die
tzte Thermometer umgebende Hülle, welche verhält-
g so viel mehr Wärme durch Strahlung zusendet, je
r Procefs dauert, deren Einflufs daher, sofern er blofs
i Unterschiede der Temperaturen des Thermometers
Hülle abhängt, um so geringer wird, je schneller das
römt und Dampfbildung statt findet. Diesen Einflufs
e zu bestimmen und zu corrigiren würde bei einem so
ten Processe vergebens seyn[1], und es blieb daher kein
rig, ihn unschädlich zu machen, als die Schnelligkeit
tromes zu verstärken. Um dieses zu bewerkstelligen,
is Reservoir des einfliefsenden Wassers in einen obe-
k gebracht, um dadurch den Wasserdruck zu verstär-
i der andern Seite aber wurde der Schenkel des He-
rch welchen das Wasser aus dem andern Gasometer
proportional verlängert, um durch schnelleres Abfliefsen
gkraft zu erzeugen und einen stärkeren Druck des
u vermeiden. Auf diese Weise liefs sich erreichen,
zwischen beiden Thermometern befindliche Manometer
l der Dauer der Beobachtung nicht schwankte, und
n so weniger, je vollständiger zufällige Unterschiede
ckes sich mittelst des zwischen dem Reservoir und dem
er befindlichen Hahns reguliren liefsen. Beiläufig möge
werden, dafs die hierdurch erreichte Geschwindigkeit
imens 50 Liter Gas binnen 10 Minuten betrug.

e zu den Versuchen verwandten Gase wurden mit der
lichen Sorgfalt durch einen geübten Chemiker VAN STET-
eitet; um aber die Röhren und Trockenapparate mit
n füllen, diente das Hülfsmittel, sie mehrmals mit dem
lichen Gase gefüllt auszupumpen, damit die beim Exant-

---

[1] Die Gröfse der Strahlung im luftleeren Raume und auch in
henden Luftmasse ist zwar genügend bekannt, vergl. oben
g, allein nicht unter der Bedingung einer statt findenden
g und obendrein bei vorhandener Dampfbildung.

liren zurückbleibenden geringen Antheile atmosphärischer L
bis auf einen nicht in Betrachtung kommenden Rest versch
den. Aus den gefundenen Gröfsen wurde die Wärmecapa
der Gase nach folgender Formel berechnet:

$$c = \frac{5\,e'\,(650 - t')}{8\,\varrho\,(t - t')\,(p - e')},$$

worin c die specifische Wärmecapacität der Gase unter con
tem Drucke, t die Temperatur des trocknen und t' die de
feuchteten Thermometers, p den Luftdruck, e' die Ela
des Wasserdampfes im Zustande seiner gröfsten Dichtig
der Temperatur t', ϱ endlich das specifische Gewicht de
ses bezeichnet. Das Verhältnifs 5 zu 8 endlich drückt
nige aus, welches für gleiche Temperaturen und gleiche
rometerdruck zwischen der Dichtigkeit der Luft und des
serdampfes statt findet. Suerman glaubt einen oft bega
Fehler zu vermeiden, indem er für die latente Wär
Dampfes statt 550° C., welche für eine Temperatur we
gilt, die veränderliche Gröfse 650° — t' wählt, weil
latente Wärme des Dampfes eine bei jeder Temperatu
stante Gröfse ist, sondern die Summe der latenten und
beln Wärme desselben.

408) Ohne die einzelnen, durch Suerman gefu
Gröfsen herzusetzen, wird es genügen, hier mitzutheilen,
mit atmosphärischer Luft 12; mit Sauerstoffgas 9; mit
serstoffgas 9; mit Kohlenoxydgas 6; mit Stickstoffoxy
mit Kohlensäure 8 Versuche angestellt wurden, welch
sehr geringen Unterschieden überraschend genau übere
men, und aus denen daher, ohne dafs es einer Ausschl
bedurfte, das Mittel genommen ist. Die specifischen G
der Gase, auf das der Luft als Einheit reducirt, sind für S
stoffgas = 1,1026; für Wasserstoffgas = 0,0683; für K
oxydgas = 0,9678; für Stickstoffoxydul = 1,5269 u
Kohlensäure = 1,5254 angenommen. Zur besseren Ue
stellt Suerman die durch ihn erhaltenen, auf die ang
Weise berechneten und auf die der atmosphärischen L
Einheit reducirten Resultate mit denen zusammen, w
Delaroche und Bérard, desgleichen Apjohn g
haben.

Digitized by Google

ase	Specifische Wärme bei gleichem Volumen			bei gleichen Gewichten.		
	Dela-roche u. Bé-rard	Ap-john	Suer-man	Dela-roche u. Bé-rard	Apjohn	Suer-man
. . . . .	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
fgas . .	0,9765	. . . .	0,9954	0,8848	. . . .	0,9028
offgas . .	0,9033	1,8948	1,3979	12,3401	27,5407	20,3191
. . . . .	1,0000	0,9887	1,0005	1,0318	1,0169	1,0293
xydgas .	1,0340	1,0808	0,9923	1,0805	1,1167	1,0253
foxydul	1,3503	1,1652	1,1229	1,8878	0,7631	0,7354
iure . .	1,2585	1,0916	1,0655	0,8280	0,7161	0,6975

hältnifs der specifischen Wärme der Luft zu der des ist durch Suerman anders gefunden worden, als durch che und Bérard, und es dürfte angemessen seyn, auch die verschiedenen Werthe zusammenzustellen.

Specifische Wärme gegen die des Wassers als Einheit.

Gase	Delaroche und Bérard	Suerman
Luft	0,2669	0,3046
Sauerstoffgas . .	0,2361	0,2750
Wasserstoffgas .	3,2936	6,1892
Stickstoffgas . . .	0,2754	0,3135
Kohlenoxydgas .	0,2881	0,3123
Stickstoffoxydul	0,2369	0,2240
Kohlensäure . .	0,2210	0,2124

n bemerkt selbst, dafs die von ihm gefundenen Wer- it Ausnahme der beiden letzten, insgesammt gröfser und er betrachtet dieses als eine Folge der Wärme,

---

Suerman fand durch spätere im folgenden §. erwähnte Versu- specifische Wärme der atmosphärischen Luft gegen Wasser als genommen = 0,2885, und er hält diese Bestimmung für die re. Wollte man hiernach die übrigen Werthe corrigiren, so die Uebereinstimmung weit genauer werden, die beiden letzten mungen aber allzusehr abweichen. Ich habe daher Bedenken

welche das befeuchtete Thermometer durch Strahlung von
Röhrenwand erhielt, denn diese vermindert die Verdun
kälte, und da die letztere sich umgekehrt verhält, wi
specifische Wärme, so mufs das, was die erstere verm
die letztere vergröfsern. Inzwischen müfste diese Urs
alle Gase gleichmäfsig wirken, was jedoch mit den Ers
nicht übereinstimmt. Nach Dulong ist die verschied
weglichkeit der Theilchen eines Gases die vorzüglichste
von Fehlern bei der Bestimmung ihrer specifischen W
und es fragt sich daher, ob wir diese auch im vorl
Falle als einwirkend zu betrachten haben, was jedoch
Suerman nicht statt finden kann. Die genannte Eig
ertheilt nämlich den Gasen ein verschiedenes Erkalt
mögen, weil die Verdunstung z. B. in Wasserstoffgas sch
vor sich geht als in Kohlensäure, mithin die Verdu
kälte der letzteren verhältnifsmäfsig kleiner seyn mufs, a
ersteren; da aber die berechnete specifische Wärme de
achteten Kälte umgekehrt proportional ist, so müfste
die specifische Wärme des Wasserstoffgases zu klein a
Kohlensäure aber zu grofs gefunden seyn, wovon ge
Gegentheil statt findet. Leichter läfst sich der Fehler,
falls aus der Wärmestrahlung der Hülle ableiten. Es wä
lich zwar die Geschwindigkeit der Strömung bei jede
gleich, allein wegen ihrer ungleichen Dichtigkeit wa
gleichen Zeiten durchströmende Gasmenge allerdings ve
den, und betrug z. B. in 7,5 Minuten bei atmosphärisch
49,48 Gramm, bei Wasserstoffgas 3,4 und bei der Koh
75,28 Gramm. Hiernach mufste die Menge des Dampfe
che sich durch die vom Wasserstoffgas abgegebene W
bilden konnte, weit kleiner seyn als die, welche d
gleiches Volumen Kohlensäure erzeugt wurde; die Ein
der Strahlung mufste ebendaher im ersten Falle weit
seyn als im letzten, und die berechnete specifische W
des Wasserstoffgases wird daher leichter von der Wahrh
entfernen als die der schwereren Gase.

409) Suerman wirft, wie billig, die Frage auf,

---

getragen, diese Correction vorzunehmen, und vorgezogen, die
the, wie sie hier gegeben sind, in die unten nachfolgende Ta
setzen.

Digitized by Google

YCRAFT behauptete, durch MARCET und DELARIVE aus
suchen gefolgerte Gesetz [1], dafs alle Gase bei gleichem
eine gleiche specifische Wärme haben, mit den Re-
einer Versuche vereinbar sey. In diesem Falle müfste
instungskälte in allen Gasen dieselbe seyn, was zwar
: Erfahrung streitet; allein wenn man berücksichtigt,
Vasserstoffgas so ausnehmend leicht ist, so glaubt er,
hierbei erhaltene bedeutende Abweichung sich wohl
ngleichen Gasmenge (in Beziehung auf die Masse) er-
se, welche in einer gegebenen Zeit bei gleicher Ge-
keit der Bewegung durch die Röhre strömte, und es
nn allerdings das durch DULONG aufgestellte Gesetz
wonach alle einfache Gase bei gleichem Volumen eine
Wärmecapacität haben sollten, mit den durch SUER-
tenen Resultaten vereinbar seyn. Für alle Gase kann
setz nach seiner Ansicht nicht statt finden; denn ob-
Unterschied beim Kohlenoxydgas nur klein ist, so
loch bei den beiden andern zusammengesetzten Gasen,
stoffoxydul und der Kohlensäure so sehr, dafs seine
die Zulässigkeit des aufgestellten Gesetzes nicht ge-

Wie oben (§. 397) mitgetheilt worden ist, suchten
und DELARIVE auch die Frage zu beantworten, in
Verhältnisse die specifische Wärme der Gase zu ih-
eren oder geringeren Drucke stehe, wobei sie zwar
einen statt findenden Unterschied wahrnahmen, ein
s Gesetz hierüber jedoch nicht aufzufinden vermoch-
ERMAN machte die Beantwortung dieser Frage zu-
Beziehung auf Luft unter geringerem Drucke als
eren atmosphärischen gleichfalls zum Gegenstande ei-
ls unternommenen Versuchsreihe. Zu diesem Ende
e Luft durch vier auf gewöhnliche Weise verbundene
he Flaschen strömen, die zum Austrocknen der Luft
efelsäure und Glasstücken gefüllt waren, um Stöfse
zu vermeiden und zugleich mehr Oberfläche darzu-
as Eintrittsrohr an der ersten Flasche war mit einem

[1] Erste, welcher dieses Gesetz aufstellte, war GAY-LUSSAC
r nahm es aber nachher selber wieder zurück, s. Ann. de
XXXIII. p. 629. G. XLVIII. 392. Vergl. unten §. 412.

Hahn versehn, der sich mehr oder weniger öffnen liefs, um die Menge der einströmenden Luft zu reguliren, wenn zugleich das Mittel lag, den Druck derselben willkürlich verringern. Aus der letzten Flasche trat die wohlgetrocknete Luft in die oben angegebene gekrümmte Röhre, in deren einen Schenkel sich das Thermometer befand, welches die Temperatur der trocknen Luft mafs, im andern aber das abkühlende mit benetzter Kugel, um die Verdunstungskälte zu messen. Aus diesem zugleich mit einem manometrischen Apparate versehenen Theile der ganzen Vorrichtung strömte die Luft noch durch zwei Woulff'sche Flaschen, deren eine Quecksilber enthielt, um die Strömung gleichmäfsiger zu machen, und gelangte endlich zu einer Campane auf dem Teller einer Luftpumpe; letztere exantlirte stets gleichmäfsig, und die Bewegung der Kolben wurde daher nach einem Metronom reguliert, um durch sich mit Hülfe des mehr oder weniger geöffneten Hahns beim Eintritt der Luft ein stets gleichmäfsiger Strom von stufenweise geringerer, aber für die Dauer jedes einzelnen Versuches gleichbleibender Dichtigkeit der Luft erreichen zu können. Strömungsgeschwindigkeit war bei dieser Vorrichtung viel gröfser als bei den früheren Versuchen, nämlich 30 Liter in einer Minute, weswegen man eine höhere Genauigkeit erreichen darf. Mit diesem Apparate wurde 18 Versuche angestellt, denen der Luftdruck von 0,6911 bis 0,31963 Meter variirte. Aus den gefundenen Gröfsen wurde die specifische Wärme mittelst der oben angegebenen Formel berechnet, und fand sich mit abnehmendem Drucke zunehmend. Dieses Resultat steht mit dem (§. 397) durch Marcet und Delarive gefundenen keineswegs in Widerspruch, beide dienen vielmehr eher der zur Bestätigung. Allerdings war in jenen Versuchen die Temperatur, welche die dünnere Luft binnen 5 Minuten annahm, gröfser als diejenige, welche die dichtere in gleicher Zeit erhalten hatte, und dieses würde, für sich genommen, eine geringere specifische Wärme der verdünnten Luft anzeigen; wenn man aber berücksichtigt, dafs die Volumina gleich waren, mithin bei einem Drucke von 0,258 Meter sich nur die Hälfte der Masse Luft in der Kugel befand, als bei dem halben Druck, dennoch aber bei jenem das Thermometer in der gleichen Zeitdauer von 5 Minuten nur 7°,3 und bei diesem 6°,3 stieg, mithin die Temperaturzunahme nur 1° C.

Digitized by Google

ie vorhandene Luftmasse noch nicht die Hälfte aus-
folgt hieraus wohl unwidersprechlich, dafs die auf
sich beziehende specifische Wärmecapacität der ver-
ıft gröfser ist. Nach den Versuchen Suerman's ist
nahme der Wärmecapacität mit vermindertem Drucke
, und nahm nur etwa um 0,1 zu, während der
0,69 bis 0,32 Meter, also um mehr als die Hälfte
Vegen der grofsen Schnelligkeit des Strömens, wel-
ıere um sechsmal übertraf, kann der aus der Strah-
öhre entspringende Fehler nur ein geringer seyn.
ı Versuche mit Luft vom geringsten Drucke strömte
etwa die Hälfte Luft in gleicher Zeit durch den
ı beim ersten mit Luft vom stärksten Drucke, mit-
bei jenem die gefundene specifische Wärme ver-
den, wenn aus der Strahlung ein Fehler erwachsen
n steht aber ein anderes, gleich gewichtiges, Ar-
egen. In der verdünnten Luft ist die Verdunstung
erreicht im Vacuum ihr Maximum. Hieraus mufste
gesetzte Fehler erwachsen, also die Wärmecapaci-
ünnten Luft geringer erscheinen. Ob beide einan-
gesetzte Fehlerquellen einander genau compensiren
berschufs der einen über die andere bleibt, wagt
cht zu entscheiden.

ERMAN vergleicht die von ihm erhaltenen Resul-
n theoretischen Bestimmungen Poisson's[1]. Nach

$$\gamma = c \left(\frac{P}{p}\right)^{1 - \frac{1}{k}},$$

specifische Wärme für einen constanten Druck = p
ir einen solchen = P; k aber das Verhältnifs der
Wärme bei constantem Druck zu der bei constan-

de Mécanique. 2me éd. T. II. p. 649. Vergl. Ann. de
. T. XXIII. p. 337. G. LXXVI. 269. Es scheint mir
sen, die theoretischen Bestimmungen dieses bedeuten-
s hier ausführlicher mitzutheilen, denn es dürfte sich
in Gelehrter bewogen fühlen, mittelst derselben die
Färmen gasförmiger Körper zu ermitteln, und die geringe
ung dieser Theorie mit Suerman's Versuchen zeigt ohne-
n ihnen kein unbedingtes Vertrauen schenken kann.

tem Volumen bezeichnet. Wird demnach P = 0,76 H
nach Delaroche und Bérard = 0,2669; k aber
beobachteten Schallgeschwindigkeit = 1,415 angenom
erhält man

$$\gamma = 0{,}2669 \sqrt[3{,}41]{\frac{0{,}76}{p}}.$$

Zehn hiernach berechnete Werthe geben

p = 0,76	γ = 0,2669	p = 0,50	γ = 0,3
0,70	0,2734	45	0,3
0,65	0,2794	40	0,3
0,60	0,2860	35	0,3
0,55	0,2935	30	0,3

welche Gröfsen jedoch, mit den Resultaten der Ver
glichen, bedeutend von diesen abweichen, und zwa
Verdünnungen zunehmend. Ungleich genauere, und
überraschend übereinstimmende Werthe giebt aber
durch Clapeyron[1] aufgestellte Formel, wonach

$$\gamma = A - B \text{ Log. } p$$

ist, wenn γ die specifische Wärmecapacität unter
Druck = p, A und B aber Constanten bezeichnen,
Versuchen zu bestimmen sind. Werden diese aus all
suchen nach der Methode der kleinsten Quadrate
so ist

A = 0,5139; B = 0,07998; und γ = 0,2835 für p =

Suerman stellt die 18 von ihm gefundenen, mit ab
Drucke wachsenden, specifischen Wärmecapacitäten
mosphärischen Luft mit den nach dieser Formel b
zusammen, und die nebenstehenden Differenzen zeig
fällig die aufserordentliche Uebereinstimmung[2].

---

1 Journ. de l'école polytechnique. 1834. T. XIV. p.

2 Es ist dieses um so leichter möglich, weil in der
Formel die so wesentlichen Coefficienten aus den Beobach
entnommen sind.

Digitized by Google

Vers. Nr.	p. Meter	γ nach Versuchen	γ nach Rechnung	Unterschied
1	0,69110	0,2866	0,2868	+ 0,0002
2	0,69049	0,2869	0,2868	— 0,0001
3	0,68320	0,2891	0,2872	— 0,0019
4	0,63921	0,2900	0,2895	— 0,0005
5	0,62024	0,2915	0,2905	— 0,0010
6	0,56834	0,2927	0,2936	+ 0,0009
7	0,56075	0,2927	0,2941	+ 0,0024
8	0,55660	0,2925	0,2943	+ 0,0018
9	0,51455	0,3018	0,2970	— 0,0048
10	0,50886	0,2964	0,2974	+ 0,0010
11	0,46707	0,3004	0,3004	0,0000
12	0,43418	0,3017	0,3029	+ 0,0012
13	0,42468	0,3011	0,3037	+ 0,0026
14	0,38102	0,3081	0,3075	— 0,0006
15	0,37596	0,3075	0,3079	+ 0,0004
16	0,33987	0,3103	0,3114	+ 0,0011
17	0,32090	0,3151	0,3134	— 0,0017
18	0,31963	0,3149	0,3136	— 0,0013

terschiede sind so gering, und heben sich gegenseitig tändig auf, dafs mindestens die Genauigkeit der Ver- ident daraus hervorgeht. Der wahrscheinliche Fehler bachtungen beträgt nicht mehr als 0,0013, der des enten A 0,0070 und des Coefficienten B 0,0026.

RMAN beabsichtigte auch die Wärmecapacitäten der Luft höherem Drucke als dem von ihm angewandten oder ßeren atmosphärischen zu ermitteln, und es ist zu be- dafs er hieran durch anderweitige Beschäftigungen ge- wurde, denn sonst würde sich gezeigt haben, ob auch se die angegebene Formel anwendbar sey. Der ge- Apparat liefse sicht für diesen Zweck leicht abändern, an statt der exantlirenden Pumpe eine comprimirende und die comprimirte Luft an der entgegengesetzten ch die Oeffnung eines regulirten Hahnes ausströmen

1) Ueberblicken wir die ganze Reihe der hier mitge- Untersuchungen, so erscheint die Methode der Mi- n unter allen als die einfachste, und sie giebt daher auch tigsten Resultate. Solche würden ohne Zweifel auch Versuchen von DELARIVE und MARCET (§. 393 ff.)

Digitized by Google

hervorgegangen seyn, wenn nicht die von ihnen angew
Quantitäten der untersuchten Gase zu gering gewesen
deren Masse gegen die der übrigen Theile der gebrauch
parate immer noch geringfügig blieb[1]. Hiermit stim
überein, dafs die nach der angegebenen Methode ang
Versuche von Delaroche und Bérard (§. 386) bis
immer die gröfste Autorität haben. Allerdings läfst
leugnen, dafs die Versuche von Dulong und die v
man sehr scharfsinnig erdacht, mit unglaublicher Sor
dem höchsten Grade von experimenteller Geschicklich
geführt sind, weswegen auch namentlich die durch d
ren gefundenen relativen Capacitäten bei ungleich
unter sich so merkwürdig übereinstimmen, und ein
wichtigen, wenn gleich nur partiellen, Beitrag zu
unserer Kenntnifs der Wärmecapacitäten zunächst der
daher auch wahrscheinlich aller gasförmigen Körp
Bei Dulong's und Suerman's Methoden sind die
ebenso zusammengesetzt und einer gleichen Menge
unterworfen, die Fehler herbeiführen können, als d
laroche und Bérard gebrauchten; aufserdem aber
auf Grundlagen, die keineswegs für absolut gewifs
nen. Berücksichtigen wir zuerst die Methode Sue
setzt diese die Elasticität, die Dichtigkeit und die
me des Wasserdampfes als absolut richtig voraus,
gleich die Resultate der Versuche, wodurch diese
funden wurden, sehr nahe mit einander übereinstim
dieses sehr für ihre Genauigkeit entscheidet, so
immer fraglich, ob spätere, noch genauere Versuche
dere gleichfalls noch genauere Resultate liefern, gerade
ses bei dem durch Rudberg gefundenen Coefficienten
Ausdehnung der Gase der Fall gewesen, obgleich sei
ren niemand den früher angenommenen nur zu bezweifeln
Die Bestimmung der latenten Wärme des Wasserdampfes
keineswegs auf eine gleiche Zuverlässigkeit Anspruch
wird in der That von verschiedenen Schriftstellern nicht
übereinstimmend angenommen. Aus der ungewöhnlichen
bereinstimmung der Resultate der letzten Versuchsreihen

1 Dieses bezieht sich jedoch nicht auf deren neueste Ver
in §. 899.

Digitized by Google

daher nichts weiter als eine ausnehmende Genauigkeit
nstellung der Versuche, keineswegs aber eine absolute
t derselben an sich; denn es wäre aus den angege-
inden leicht möglich, dafs alle mit den nämlichen
:haftet wären. Dulong's Versuche beruhn auf einem
elchen zwar der scharfsinnigste und tiefste Gelehrte
en Zeit ausgesprochen hat, der aber deswegen noch
s über jeden Zweifel erhaben ist, wobei es immer
bleibt, dafs er durch die directen Versuche von
und Désormes, von Gay-Lussac und Welter,
n Prechtl nicht bestätigt wurde, deren Bestimmun-
lich kleiner sind, als diejenige, welche Dulong aus
geschwindigkeit entnahm. Offenbar aber darf man
ıpirisch gefundenen Schallgeschwindigkeit keinen Be-
lie Richtigkeit dieses Coefficienten hernehmen, weil
ie Zulässigkeit der ganzen Hypothese darauf beruht,
diesen anderweitig scharf bestimmten Coefficienten
sche Schallgeschwindigkeit mit der durch die Er-
fundenen genau übereinstimmt. Ueberhaupt aber bin
mafsgeblichen Ansicht, dafs wir bei der Bestimmung
schen Wärme der Gase, nach dem oben (§. 404)
ıtgesetzten Begriffe, ebenso wie bei allen andern Kör-
jenige Wärme, welche durch Compression erzeugt
z unberücksichtigt lassen müssen, obgleich sich kei-
ıblick verkennen läfst, dafs beide innig mit einander
sind. Dieser Meinung ist auch der ebenso gelehrte
innige Biot[1], dessen Aeufserung hierüber wörtlich
en ich kein Bedenken trage. „Die erhaltenen Be-
en der specifischen Wärme sind der Ausdruck eines
mmengesetzten Phänomens. Nach der Art, wie die
angestellt werden, ziehen sich die Gase zu gleicher
nmen, wenn sie sich abkühlen[2], weil sie stets unter
ı Drucke standen. Die Erwärmung, die sie erzeu-
daher die zusammengesetzte Wirkung der Wärme,
ɔgeben, indem sie sich abkühlen, und zugleich in-
sich zusammenziehn, statt dafs man diese beiden

---

ité de Physique. T. IV. p. 727.

es leidet auf die Versuche von Dulong keine Anwendung,
diesen andere Argumente entgegen.

„Effecte abgesondert betrachten, d. h. diejenige Wärme
„bestimmen müſste, welche jedes Gas abgiebt, indem
„in einem unveränderlichen Raume, also bei gleichbl
„Volumen, abkühlt, und demnächst diejenige, welche
„giebt, wenn sein Volumen sich ändert bei gleichbl
„äuſserer Temperatur. Die Trennung dieser beiden Pl
„erscheint als ausnehmend schwierig, würde aber unver
„seyn, wollte man ganz einfache Resultate haben, und
„gentlichen Gesetze, welche diese Effecte bedingen, in
„les Licht setzen. Allein man ist eben diesen Unbeq
„keiten unterworfen bei den Versuchen, welche man
„um die specifischen Wärmecapacitäten der tropfbar
„und der festen Körper zu bestimmen, weil auch di
„nothwendig in dem Maſse zusammenziehn, als sie
„kühlen; weil aber ihre Zusammenziehung nur gerin
„wird vorausgesetzt, daſs auch die hierdurch erzeugte
„nur unbedeutend sey in Vergleichung mit der, w
„durch Abkühlung abgeben. Aber, die Wahrheit
„nichts beweiset, daſs es wirklich so sey, ja man k
„anlaſst werden, das Gegentheil zu glauben, wenn
„auſserordentliche Menge von Wärme berücksichtig
„die festen Körper entwickeln, wenn man ihre T
„einander trennt, wie dieses durch Reiben, durch
„durch Bohren geschieht, welches letztere nichts an
„als ein rohes Reiben mit Abreiſsen der oberen Thei
„den unteren. Betrachtet man aus diesem Gesichtsp
„Bohrspähne, welche von dem bronzenen Kanonen
„gerissen waren, so fand Rumford, daſs sie die
„specifische Wärme hatten als die Masse, von w
„gerissen waren, woraus sich schlieſsen läſst, daſs die
„entwickelte Wärme einzig zwischen den soliden M
„des Bronzekörpers, also zwischen den kleinen Grup
„Partikeln existirte, welche der Bohrer abgerissen h
„diesem wirklich so, dann muſs diese Wärmemenge
„che Weise jedesmal sich verändern, sobald ein K
„ausdehnt oder zusammenzieht, und diese Wirkung
„mit der durch bloſse Veränderung der Temperatur
„wordenen Wärme verbunden ist, kann sehr wohl nicht
„ring seyn als man sich gewöhnlich einbildet. S
„diese beiden Wirkungen nicht durch Versuche von

Digitized by Google

sind, können die erhaltenen Resultate keine andere
zusammengesetzte, und vielleicht liegt in dieser Zu-
etzung der Grund, welcher bis jetzt gehindert hat,
in Verhältnifs der specifischen Wärme der Körper
r chemischen Beschaffenheit mit Sicherheit aufzu-

es sich auch mit den verschiedenen, in der mitge-
eufserung in Anregung gebrachten ebenso wichtigen
rigen Problemen verhalten mag, so geht mindestens
ident daraus hervor, dafs eine Volumensvermehrung
irme bei allen Körpern vorkommt, und bei allen auf
mung ihrer specifischen Wärme einen Einfluſs aus-
l daher der Begriff, welchen wir mit specifischer
acität verbinden, für alle Körper derselbe seyn, sol-
fundenen Gröfsen unter sich vergleichbar seyn, so
r nicht bei einer Classe derselben, den gasförmigen,
ſs der Ausdehnung ausschlieſsen, bei andern dagegen
, ja es mufs mo möglich die Methode die Wärme-
zu bestimmen mit gehörigen Modificationen bei
von Körpern dieselbe seyn. Sofern es aber wohl
t ist, dafs die Methode der Mischungen bei festen
ar flüssigen Körpern vor allen andern den Vorzug
müssen wir diese wo möglich auch bei den gasförmi-
nwendung bringen. Allerdings macht bei diesen die
lasse derselben ein grofses Hindernifs, allein durch
Delaroche und Bérard gewählte Verfahren wird
s glücklich beseitigt, weswegen denn ihre Versuche,
r die späteren von Marcet und Delarive unbe-
an die Seite setzen können, noch immer unter die
ten gehören, die gröfste Autorität besitzen und am
n Anwendung gebracht werden. Leider haben die
ıtatoren einen Fehler nicht vermieden, dessen Einfluſs
edeutend seyn mag, immerhin aber der absoluteren
it der erhaltenen Resultate einigen Abbruch thut,
lafs sie die Gase nicht vorher austrockneten, um den
und unter gewissen Bedingungen leicht beträchtli-
fluſs der Wasserdämpfe zu vermeiden. Ist es ge-
dafs die Wasserdämpfe sich durch Wärme genau so
ase ausdehnen, und dürfen wir hieraus folgern, dafs
ifische Wärme so lange als sie nicht niedergeschlagen

werden, was allerdings bedeutende Fehler herbeiführen m
mit der der Gase sehr nahe übereinstimmt oder mindest
unbedeutend davon abweicht, so konnten aus der imm
geringen Feuchtigkeit der gebrauchten Gase nicht wohl
liche Fehler erwachsen; immerhin aber wäre wünschen
dafs diese Fehlerquelle vermieden seyn möchte. Ha
beiden wackeren Gelehrten auf eine solche Weise, w
Sukrman, mit grofsen Gasometern operirt, und die G
her durch Chlorcalcium hinlänglich ausgetrocknet, so
den von ihnen gefundenen Resultaten ein noch weit
Werth gebühren. Es ist daher sehr erfreulich, dafs
und Delarive den nämlichen Weg betreten und d
gleich den genannten Fehler vermieden haben.

413) Die specifische Wärme aller Körper gehört
einer gewissen Temperatur an, sofern man sie entwe
oder für $\frac{t+t'}{2}$ bestimmt, wie bereits gelegentlich erwä
den ist (§. 404); mithin mufs bei allen, und daher au
Gasen, die Frage beantwortet werden, ob die specifisch
me derselben für alle Temperaturen dieselbe ist, od
mit den Veränderungen derselben sich gleichfalls v
allgemein in welchem Verhältnifs die specifische W
Körper zu ihrer Temperatur steht. Aus den mitgethei
suchen läfst sich diese Frage in Beziehung auf die G
beantworten; denn sie sind zwar bei verschiedenen T
turen angestellt, aber nicht bei so weit von einand
henden, dafs dieser Einflufs, welcher höchst wahrs
nur ein geringer ist, sich daraus entnehmen liefse, a
aber wurden bei ihnen verschiedene Methoden angewand
wegen die Abweichungen von einander in diesen und
gleichen Genauigkeit, die sie gewähren, liegen könne
zwischen hat sich Gay-Lussac[1] die directe Beant
dieser Frage zum Ziele gesteckt. Nach der von ihm
wandten, bereits (§. 392) angegebenen Methode verein
16° C. äufserer Temperatur gleiche Volumina atmosp
Luft, das eine von — 20°, das andere von + 52°, e
dafs sich die Capacität der kalten Luft zu der der war
1 : 1,206 verhielt. Als er diese Versuche mit Wasse

1 Ann. de Chim. T. LXXXIII. p. 629. G. XLVIII. 392.

Digitized by Google

osphärischer Luft wiederholte, fand er, dafs die Ca-
ler bis — 20° erkalteten atmosphärischen Luft sich zu
bis 52° erwärmten Wasserstoffgases wie 1:0,907 ver-
ar aber das Wasserstoffgas bis — 20° erkältet, die Luft
52° erwärmt, so war das Verhältnifs = 1:0,752. In
leichen Versuche mit Kohlensäure gab die bis — 20°
Luft und bis 52° erwärmte Kohlensäure das Verhält-
1:1,518, war aber die Luft bis 52° erwärmt, die
äure bis — 20° erkältet, so wurde dieses Verhältnifs
9. Hieraus folgt, dafs die specifische Wärmecapacität
mit zunehmender Temperatur wächst, ohne dafs je-
se Versuche genügen, ein bestimmtes Gesetz hierüber
llen.

) Es ist wiederholt von einem allgemeinen Gesetze die
wesen, welches sich über die specifischen Wärmen al-
rmigen Körper aufstellen lasse, und wir müssen zum
s diese Aufgabe hier nochmals speciell zur Erörterung
In Beziehung auf die Gase war Gay-Lussac der
elcher den Satz aufstellte, dafs die Wärmecapacitäten
stischen Flüssigkeiten bei gleichem Volumen und unter
Drucke sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte
n, was er aus den Resultaten seiner frühesten Versuche
und bei der Wiederholung derselben bestätigt fand,
seine Aeufserung hierüber nur dahin ging, dafs er die-
wahrscheinlich halte (§. 392). Da sich annehmen läfst,
e Volumina ihren specifischen Gewichten umgekehrt
onal sind, so heifst der Satz zugleich soviel, dafs die
apacität aller Gase unter gleichem Drucke gleich sey[1].
ien nahm er selbst[2] dieses Gesetz ausdrücklich und
ne Beschränkung wieder zurück, indem er erklärte,
sey völlig unrichtig; die Gasarten hätten keineswegs
Capacität für die Wärme, sondern jede habe ihre ei-

---

n dieser Form hat Dalton (neues System u. s. w. Th. I. S.
en Satz zuerst ausgesprochen, zugleich aber auch die Ein-
en vorgebracht, die sich dagegen aufstellen lassen. Wegen
usammenhanges mit einem andern wichtigen Gesetze verspare
Untersuchung bis weiter unten §. 445 u. 446.

Ann. de Chim. T. LXXXIII. p. 629. G. XLVIII. 892.

gene, von der der andern sehr verschiedene Wärmecapa
Dennoch haben die meisten späteren Experimentatoren bei
ren Versuchen zur Auffindung der Wärmecapacitäten ga
miger Flüssigkeiten diese Frage abermals berücksichtigt,
das Resultat, wozu sie gelangten, mit angegeben. Hau
folgerte aus seinen Versuchen, dafs allgemein die spec
Wärme der Gase sich umgekehrt wie ihre Dichtigkeiten
hielten, weil gleiche Volumina derselben unter gleichem
seinem Calorimeter gleiche Wärmemengen mitgetheilt
(§. 391). Zu einem gleichen Resultate gelangten auch
und Delarive, nämlich dafs alle Gase für gleiche
und gleiche Elasticitäten die nämliche specifische Wärme
sollen (§. 397), ein Satz, welcher um so auffallender
sich ihre Versuche auf eine so bedeutende Menge gas
Körper erstreckten, nämlich atmosphärische Luft, Sauer
Stickgas, Wasserstoffgas, Kohlensäure, ölbildendes Gas,
lenoxydgas, Stickstoffoxydul, salpetriges Gas, Schwefel
stoffgas, Ammoniakgas, schwefligsaures Gas, Chlorwas
säure und Cyan (§. 396). Auch durch ihre neuesten
fanden diese Gelehrten das aufgestellte Gesetz bestät
die Gase unter dem nämlichen Drucke und bei gleichen
lumen gleiche specifische Wärme haben sollen, indem
den zusammengesetzten Gasen blofs zwei von dieser Re
weichen, nämlich das ölerzeugende Gas und die Kohlen
doch gestehn sie zu, dafs es zwar allerdings eine sichere
wendung auf die einfachen Gase, keineswegs aber auf
sammengesetzten leide (§. 399). Nach Dulong verdien
Versuche von Delaroche und Bérard, ihrer Mängel
achtet, noch immer das meiste Vertrauen, und setzen
aufser Zweifel, dafs alle einfache und zusammengesetzte
unter gleichem Drucke und bei gleichem Volumen keine
gleiche Wärmecapacitäten besitzen (§. 400). Inzwischen
Dulong durch seine eigenen Versuche das Gesetz für die
fachen Gase, das Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bes
und ebenso für die zusammengesetzten, die atmosphärische
und das Kohlenoxydgas (§. 401), und da das Stickstoffgas
Delaroche und Bérard sich genau wie atmosphärische
verhält, so könnte man allerdings folgern, dafs das Gesetz
die einfachen und einige zusammengesetzte Gase Anwen
leide. Arjohn verwirft das Gesetz in dieser Beschränk

Digitized by Google

er als von Dulong aufgestellt betrachtet, dafs nämlich
fache Gase unter constantem Drucke und constantem
gleiche Wärmecapacitäten haben sollen, weil es für
toffgas nicht passe, um so viel mehr also eine allge-
nwendung desselben auf alle, auch die zusammenge-
gasförmigen Körper überall nicht statthaft sey (§. 406).
hat Suerman diese Frage speciell erörtert, und schliefst
von ihm erhaltenen Resultaten, dafs das Gesetz in
dehnung, wie es von Marcet und Delarive aufge-
, wonach gleiche Volumina aller Gase unter gleichem
dieselbe specifische Wärme haben sollen, unstatthaft
n das Kohlenoxydgas zeige zwar nur eine geringe Ab-
g, andere aber eine desto gröfsere, aus Beobachtungs-
durchaus nicht abzuleitende; dagegen glaubt er, dafs
in der von Dulong angegebenen Beschränkung, wo-
ofs die einfachen Gase und einige zusammengesetzte
eiche Wärmecapacität haben sollen, wohl statt finden
weil die allerdings bedeutende Abweichung, die bei
Wasserstoffgas zeigte, wohl aus Beobachtungsfehlern
n sey. Das ganze Problem gewinnt ausnehmend an
e und Wichtigkeit, wenn man es aus einem anderen
chaftlichen Gesichtspuncte betrachtet. Wir werden spä-
n, dafs nach den Untersuchungen von Dulong und
über die specifischen Wärmecapacitäten der festen Kör-
gewisses *Verhältnifs zwischen den Atomgewichten*
n Wärmecapacitäten der Körper statt finden soll. Die-
etz stimmt sehr überein mit der Theorie, dafs die Mo-
der Körper mit Wärmesphären umgeben sind, und bei
erschiedenen Aggregatzuständen sich im stabilen Gleich-
te der einander entgegenwirkenden anziehenden und re-
n Kräfte befinden, die Wärme als repulsive Kraft selbst
s ihren Träger betrachtet. In den Gasarten, namentlich
ıfachen, müfste der Conflict dieser Kräfte, also auch das
ative Verhältnifs des in ihnen vorhandenen Wärme-
, am einfachsten wahrnehmbar seyn, und aufserdem zeigt
dafs die Dichtigkeiten derselben unter gleichem Drucke
n Atomgewichten in einem gewissen Verhältnisse stehn
; denn die leichtesten unter ihnen haben zugleich die
en Atomgewichte. Es wird jedoch am angemessensten
diese Untersuchung nicht isolirt für die Gase anzustellen,

Digitized by Google

sondern mit der über die sonstigen Körper zu verbinden, w
auf ich daher verweise (§. 445 ff.).

b) Specifische Wärme der tropfbaren Flü sigkeiten.

415) Wegen der weit gröfseren Massen, welche bei
baren Flüssigkeiten in einem kleineren Raume vereinigt
ist es viel leichter, die specifischen Wärmecapacitäten
ben aufzufinden. Die Aufgabe kam daher schon vor sei
ger Zeit zur Untersuchung, und die Auffindung der
Wärmecapacitäten der Körper trug hauptsächlich dazu bei,
tigeren Begriffen über das eigentliche Wesen der Wärme
gang zu verschaffen. Man bediente sich hierbei allg
Methode der Mischungen, und es ist bereits oben (§.
377) erwähnt worden, auf welche Weise diese durch
und Irvine, durch Wilke und insbesondere durch
ford in Anwendung gebracht wurde. Hier wird also
erforderlich seyn, die von ihnen gefundenen Best
zusammenzustellen und mit einander zu vergleichen, w
der Kürze wegen in der unten angehängten Tabelle
kann. Bemerkt werden mufs jedoch, dafs die Versuch
mentlich von Crawford, sich keineswegs auf tropfba
sigkeiten beschränkten, sondern dafs er hauptsächlich
feste Körper, ja sogar auch Gase mit in den Kreis
zog (§. 383). Während Crawford seine vielen
hierüber fortsetzte, beschäftigte sich auch Kirwan mit
Aufgabe, und theilte die gefundenen Bestimmungen
Freunde Magellan mit, durch den sie bekannt wurden[1].
Summe der bekannten Bestimmungen, die hauptsächlich
Unterstützung der damals neuen Theorie der Wärme
sollten, wurde nicht unbedeutend vermehrt durch G
dessen Bemühungen mit denen von Lavoisier und L
der Zeit nach zusammenfallen. Letztere bedienten sich
ihres Calorimeters[3] (§. 377), welches unter den Händen

1 Essay sur la nouvelle théorie du feu élémentaire et
chaleur des corps. Lond. 1780. 4.

2 Dissertatio chemico-physica de theoria caloris corporum
fici. Aboe. 1784. 4.

3 Mém. de l'acad. de Paris. 1780. p. 355. Lavoisier's

anhaltende Uebung sehr geschickten Experimentatoren
ich genaue Resultate gab, bald nachher aber durch
ın gegen das Wassercalorimeter vertauscht wurde. Mit
Apparate bestimmten sie nicht blofs die specifische
der Salpetersäure = 0,66139, wie oben angegeben wor-
ndern auch des Olivenöls = 0,30961 und der Schwefel-
: 0,33460. Schon vorher hatte Joh. Tob. Mayer die
: der Abkühlung empfohlen, die er selbst zur Auffin-
r Wärmecapacitäten des Leinöls und des Essige, ver-
mit der des Wassers, so wie auch der einiger Holzar-
ıtzte, die aber durch Leslie und Dalton in gröfserer
ung angewandt wurde[1]. Es würde indefs einen zu
Zeitaufwand erfordern, alle diese Bemühungen einzeln
ıreiben, und es wird daher genügen, die erhaltenen
ungen in der am Ende angehängten Tabelle mit aufzu-
Blofs die wichtigern unter den späteren Bemühungen
ıer etwas näher betrachtet werden.

) Dalton[2] hatte fast ausschliefslich nur Crawford's
en vor Augen, obgleich ihm auch die Bemühungen
ER's und Laplace's bekannt waren; inzwischen ver-
die Methode jenes seines Landsmannes, und wählte die
T. Mayer vorgeschlagene, welche unmittelbar vorher
SLIE angewandt, und damit die specifische Wärme von
issigkeiten bestimmt hatte[3]. Dalton nahm ein eiför-
dünnes, gläsernes Gefäfs, welches etwa 8 Unzen Was-
e, verschlofs dasselbe mit einem Korke, durch welchen
re eines empfindlichen Thermometers so gesteckt war,
ien Kugel ungefähr sich im Mittelpuncte des Gefäfses
In die Röhre des Thermometers waren zwei feine
mit einer Feile geritzt, das eine bei 33°,34, das an-
27°,78 C., so dafs also das Intervall genau 10° F.
e; die Temperatur des Zimmers betrug 11°,11 C. Das
vurde mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt
ıs über 33°,34 C. erwärmt, dann im Zimmer aufge-

: Schriften. Ueb. von Weigel. Greifsw. 1785. Th. III.

e Nachweisungen hierüber befinden sich oben in §. 382.
n neues System des chemischen Theiles der Naturwissensch.
Berl. 1812. S. 67.
iese befinden sich in der unten angehängten Tabelle.

Digitized by Google

hängt und die Zeit genau gemessen, während welcher das eingesenkte Thermometer vom oberen Feilstriche bis zum teren herabsank; ein in einiger Entfernung frei hängendes mometer zeigte die Temperatur des Zimmers[1]. Auf einen ten vorkommenden Unterschied der Wärme der Umgebung sorgfältig Rücksicht genommen und zugleich der Einfluss Gefäfses corrigirt. Im Mittel aus vielen Versuchen, bei die Unterschiede der Erkaltungszeiten für dieselben Flüssigten nicht mehr als höchsens 0,5 Minute betrugen, gaben gende Erkaltungszeiten und die daraus berechneten spec. Wärmecapacitäten hervor:

Flüssigkeiten	spec. Gewichte	Erkaltungszeiten
Wasser	1,000	29,00 Min.
Milch	1,026	29,00 –
Auflösung von kohlensaurem Kali .	1,300	28,50 –
— — — — Ammonium	1,035	28,50 –
Ammoniumsolution	0,948	28,50 –
gemeiner Weinessig	1,020	27,50 –
Kochsalzsolution (88 W. 22 S.) .	1,197	27,00 –
Zuckersolution (6 W. 4 Z.) . . .	1,170	26,25 –
Salpetersäure	1,200	26,25 –
Salpetersäure	1,300	25,50 –
Salpetersäure	1,360	25,00 –
Schwefelsäurehydrat	1,335	23,50 –
Salzsäure	1,530	21,00 –
Essigsäure (aus essigs. Kupfer) . .	1,056	21,00 –
Schwefelsäure	1,844	19,50 –
Alkohol	0,850	19,50 –
Alkohol	0,817	17,50 –
Schwefeläther	0,760	15,50 –
Wallrathöl	0,870	14,00 –

Die Bestimmung der specifischen Wärmecapacität des silbers durch Dalton ist nach seiner eigenen Angabe nig genau, als dafs man mit Sicherheit darauf bauen Durch Mischung mit Wasser und durch die Zeit der lung bei Anwendung eines kleineren Gefäfses fand er

1 Die Art der Versuche ist genau dieselbe, als der oben erwähnten.

Digitized by Google

umina das Verhältnifs 1 : 0,55. Wird diese Bestimmung specifische Gewicht = 14 in runder Zahl angenommen , so gäbe dieses das Verhältnifs 1 : 0,0393, statt dafs IER und LAPLACE mittelst des Eiscalorimeters 1 : 0,029 (§. 378).

s den oben (§. 260) mitgetheilten zahlreichen Versu- n BOECKMANN über die Erkaltungszeiten verschiedener, Glaskugel eingeschlossener Flüssigkeiten liefsen sich he Weise die specifischen Wärmecapacitäten derselben n, allein hierzu sind die Einzelnheiten, aus denen die ichen Correctionen entnommen werden müfsten, nicht genug angegeben, und die Wissenschaft würde da- h solche nicht hinlänglich sichere Bestimmungen keinen den Vortheil erhalten.

') Unter den zahlreichen Untersuchungen RUMFORD's Verhalten der Wärme finden sich auch einige, die der ung der Wärmecapacitäten tropfbarer Flüssigkeiten ge- sind[1]. Er wandte hierbei die Methode der Mischungen m er sich zur Aufnahme der zu untersuchenden Flüs- ein kleines Fläschchen aus dünnem Kupferblech ver- liefs, welches die Gestalt eines doppelten Kreuzes hatte, Wasser, in welches dasselbe eingesenkt wurde, eine Oberfläche darzubieten. Die Oeffnung desselben ver- in langer Kork, an welchem es angefafst wurde, ohne Hand eine mefsbare Wärmemenge aufzunehmen. Das in welches dieses Gefäfs eingetaucht ward, befand sich cylindrischen Becher von dünnem Kupferblech, wel- einem etwas gröfseren Cylinder stand, und der Zwi- m zwischen beiden war mit Flaumfedern der Eidergans um den Einflufs der äufseren Wärme abzuhalten. Beide sowohl dasjenige, welches eingetaucht wurde, als auch , worin sich das zum Eintauchen bestimmte Wasser waren von dünnem Metalle; ersteres wog ohne den r 76 Gramm und letzteres, ein 2 Zoll weiter und 4,75 fer Cylinder, 74,65 Gramm, beider Capacitäten, auf reducirt, wurden mit in Rechnung gebracht. Um dem en mit der eingeschlossenen Flüssigkeit eine bestimmte tur zu geben, hielt RUMFORD dasselbe eine geraume

---

. XLV. 317.

Digitized by Google

Zeit in eine grofse Masse Wasser, welches die Temperatur Zimmers hatte, worin es sich befand, und in welches w dieser Zeit die Sonne nicht scheinen durfte, um seine peratur nicht zu erhöhn, tauchte es dann in den mit gefüllten Cylinder, und mafs die erzeugte Veränderu Temperatur gerade dann, wenn diese ihr Maximum e hatte und wieder rückwärts ging. Dabei war vorla Gehalt des cylindrischen Gefafses und seines Thermom 24,3 Gramm und der des eingetauchten Fläschchens i genommen zu 8,36 Gramm Wasser bestimmt. Um die Versuche genauer zu übersehn, möge einer derselben, gereinigtem Rübsamenöl, beschrieben werden. Der enthielt 180 Gramm Wasser von der Temperatur des = 59°,5 F.; in der Flasche waren 82,55 Gramm Oel enthalten, und es nahm die Temperatur des Wa einem grofsen Eimer an, welche 44°,5 F. betrug. Er 4 Minuten nach dem Einsenken zeigte das Thermomete Wasser des Cylinders 56°,75 F., und stieg erst wiede dem es geraume Zeit auf diesem Puncte still gestand das Wasser des Cylinders war also um 2°,25 F. erha Wasser des Cylinders mit Einschlufs der Hülle und d mometers betrug zusammen 204,3 Gramm, und durch tauchen der Flasche war also so viel Wärme absorbirt als hinreicht, $2{,}75 \times 204{,}3 = 561{,}83$ Gramm Wasser zu erwärmen. Dagegen hatte die eingetauchte Flasch F. Wärme gewonnen. Diese Flasche an sich, ohne aber mit Einschlufs des an ihr hängen gebliebenen betrug nach der specifischen Wärmecapacität reducirt als 9,4 Gramm Wasser, folglich waren $12{,}25 \times 9{,}4 =$ Gramm Wasser um 1° F. erwärmt, und man $561{,}83 - 115{,}14 = 446{,}68$ Gramm Wasser um 1° F. als das Mafs der specifischen Warme des in dem Fl befindlichen Rübsamenöls. Sofern also die in der Flasche lichen 82,55 Gramm Oels um 12°,25 F. erwärmt waren den sie $\frac{82{,}55}{12{,}25} = 36{,}464$ Gramm Wassers um 1° F. e und wir erhalten also, die specifische Wärmecapacität de sers = 1 gesetzt, für Rübsamenöl

$$\frac{36{,}464}{82{,}55} = 0{,}44172.$$

Digitized by Google

mehrmals wiederholte Versuche erhielt Rumford die
hen Wärmen folgender Flüssigkeiten:

er	1,00000	Alkohol (spec. Gew. 0,818)	0,54993
menöl . .	0,45192		
nöl . . .	0,43849	Spiritus (spec. Gew. 0,853)	0,58078
ha	0,41519		
ntinöl . .	0,33856	Schwefeläther (spec. Gewicht 0,729)	0,54329.

) Einen kleinen Beitrag zur Kenntnifs der specifischen
pacitäten hat J. A. Bischof[1] geliefert. Dieser mischte
ewichte Salzsoole von 1,120 spec. Gewichte und 2°
ur mit Wasser von 41°, und fand die Wärme der
= 22,5. Die Soole hatte also 20°,5 Wärme gewon-
Wasser dagegen nur 18°,5 verloren, woraus die Wär-
ät der Soole zu der des Wassers = 0,902439: 1 folgt.
zweiten Versuche betrug die Wärme der Soole 32°,
Wassers 2°,5 und die der Mischung 16°, wonach also
16° verlor, das Wasser aber 13°,5 erhielt und also
ecapacität der Soole zum Wasser = 0,84375: 1 ab-
ird. Nach Bischof ergiebt sich hieraus, dafs die
Wärmecapacität der Salzsoole geringer sey, als die des
der Unterschied aber mit der Verdünnung der Soole
Diese Folgerung ist nicht zu bezweifeln, allein der
Unterschied beider gefundenen Resultate wird hier-
ht erklärt, denn in beiden Versuchen war der Gehalt
Löthigkeit der Soole gleich. Inzwischen können die
überhaupt keine Grundlage eines genügenden Resul-
ben, weil das Gefäfs nicht mit in die Messung auf-
worden ist, und hieraus läfst sich schliefsen, dafs über-
für so feine Versuche unerläfsliche Sorgfalt nicht an-
wurde. Einige wenige eigene Bestimmungen der Wär-
ten des Alkohols und des Schwefeläthers hat Des-
itgetheilt; sie sind in der angehängten Tabelle auf-
worden.

Bei seinen Untersuchungen der Salzsäure bestimmte

XXXV. 350.
ité élément. de Phys. Par. 1825. p. 167.

Digitized by Google

Ure[1] auch deren specifische Wärmecapacität sowohl im
centrirten als auch im verdünnten Zustande. Zu diesem Ende
er einen Kolben von dünnem Glase, welcher 1800 Grain
ser fafste, zuerst mit dieser Flüssigkeit, dann mit verd
Säure, und zuletzt mit concentrirter Säure, erhitzte ihn
mal bis zu der nämlichen Temperatur, die durch ein
eingesenktes Thermometer gemessen wurde, hing ihn in
grofsen Zimmer von gleich bleibender Wärme auf, und
achtete die Zeiten des Erkaltens bis zu der nämlichen Tem
ratur nach einer genauen Uhr. Dieses erfolgte

bei Wasser von 51°,11 bis 18°,89 in 122 Min.
bei verdünnter Säure — — — — — 102 —
bei concentrirter Säure — — — — — 88 —

Werden dann die enthaltenen Massen nach den specifischen
wichten, die für verdünnte Säure = 1,152 und für con
= 1,192 waren, auf Wasser reducirt[2], und berücksichtigt
ferner, dafs der Glaskolben nach seiner specifischen Wärme
cität 150 Grains Wasser gleich kam, so gehen hieraus
Gröfsen hervor:

$$\text{Wasser} \ldots\ldots \frac{122' \times 100}{1800+150} = 62{,}6 \text{ Minuten}$$

$$\text{verdünnte Säure} \frac{102' \times 100}{2020+200} = 46{,}0 \text{ Minuten}$$

$$\text{concentrirte Säure} \frac{88' \times 100}{2154+250} = 36{,}6 \text{ Minuten}$$

Aus diesen Resultaten folgert Ure, dafs, die specifische
mecapacität des Wassers als Einheit angenommen,
verdünnten Säure = 0,735 und die der concentrirten =
welche Gröfsen die Erfahrung einfach gebe. Diese
mungen lassen übrigens noch folgende Betrachtung
verdünnte Säure bestand aus 6 Theilen concentrirter
4 Theilen Wasser. Nehmen wir nun an, dafs die

1 Annals of Philos. 1817. T. X. p. 273. Vergl.
Journ. XXVIII. 355.

2 Nach den angegebenen spec. Gewichten wäre 1800 ×
und 1800 × 1,192 = 2146. Warum die Zahlen im Texte
weichen, vermag ich nicht aufzufinden.

Digitized by Google

pacität der Mischung die mittlere beider Bestandtheile
abe dieses

$$\frac{6\times 0{,}586 + 4\times 1{,}00}{10} = 0{,}7516,$$

; gröfser, als die durch den Versuch erhaltene. Ue-
mmt dieses Resultat mit der Theorie überein. Weil
urch Mischung der Salzsäure mit Wasser Wärme
wird, so scheint dieses zu der Folgerung zu füh-
die specifische Wärmecapacität der vereinten Sub-
einer sey, als die Summe der ihren Bestandtheilen
n.

Unter die neuesten Versuche zur Bestimmung der
Wärmecapacitäten tropfbarer Flüssigkeiten gehören
ELARIVE und MARCET[1], wobei sie sich für die von
für die Gase als die vorzüglichere gewählte Methode
lung eines hohlen Cylinders von Platin, 4,775 Gramm
entschieden. War derselbe gefüllt und die Thermo-
in seine Mitte herabgesenkt, so konnte er hermetisch
n werden, um das Entweichen von Dämpfen selbst
n zu vermeiden. Zuerst wurde der Cylinder mit
füllt, um die übrigen Flüssigkeiten hiermit zu ver-
er faſste hiervon bei 10° Wärme 4,327 Gramm.
n das Gefäfs auf Wasser reducirt, die specifische
acität des Platins = 0,0314 angenommen, so giebt
,0314 = 0,15 die zur Berechnung erforderliche Gröfse.
ische Wärme des Wassers ist aber = 1, und die-
geben sich die numerischen Werthe in der (§. 437)
iterten Formel

$$c = \frac{(MC + p'c')\frac{t}{t'} - MC}{p},$$

e gesuchte specifische Wärme bezeichnet. Ist die
Wärme des Wassers = 1 und wird die des Pla-
314 angenommen, so erhält man in Zahlen:

$$c = \frac{4{,}477\times\frac{t}{t'} - 0{,}15}{p}.$$

[1] ie §. 399 angegebenen Quellen.

Digitized by Google

Auf diese Weise wurden die specifischen Wärmecap
von 10 Flüssigkeiten gefunden, die in der angehängten T
aufgenommen sind.

421) Das bei den Gasen aufgefundene eigenthümlich
halten, wonach ihre specifische Wärmecapacität mit wach
Temperaturen zunimmt (§. 413), hat man auch unter den
baren Flüssigkeiten, mindestens beim Wasser, untersucht.
ter den früheren Bemühungen um die Beantwortung dies
sind die von DE LUC[1] am bekanntesten geworden, da
Aufmerksamkeit aber verdienen die von FLAUGERGUES[2],
Versuche mit grofser Sorgfalt angestellt worden sind, jed
mit einer solchen, welche zur Vermeidung aller mit die
gabe verbundenen Schwierigkeiten genügte. Beide Geleh
langten zu dem Resultate, dafs die specifische Wärme
des kalten Wassers gröfser sey, als die des heifsen, u
durch Mischung beider erhaltene Temperatur lag ü
Mittel, welches der halben Summe beider vereinten
gehörte. DALTON[3] hat diese Frage namentlich in
auf das Wasser ausführlich erörtert, nur ist er dabei
leicht in andern Fällen, sehr dreist in seinen
Schlüssen. Es genügt ihm nicht, dabei stehn zu
CRAWFORD und andere Gelehrte vor ihm ausgesp
ten, dafs die Capacitäten der Körper sich bei ver
Temperaturen beinahe gleich blieben, vielmehr war e
einer anderen Aeufserung jenes Gelehrten beizutreten,
aus dessen Versuchen mit verdünnter Schwefelsäure
andern Flüssigkeiten folgen sollte, dafs die Capacitäten
per mit der Zunahme der Temperatur wachsen. Cra
hatte in Folge seiner Versuche, die *Richtigkeit der*
meter durch Mischung gleicher Quantitäten Wasser
gleichen Temperaturen zu messen, bemerkt, dafs dies
tate, falls sie auch bejahend ausfielen, das Gleichsein
Wärmecapacitäten bei dieser Flüssigkeit nicht zu beweis
möchten, denn es sey auch denkbar, dafs die Wärme
des Quecksilbers auf gleiche Weise als die des Was

1 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. VIII. S. 844.
2 Journ. de Phys. T. LXXVII. p. 283.
3 Ein neues System des chemischen Theils der Naturw
Th. I. S. 58.

Digitized by Google

wonach dann das Mittel aus den Temperaturen beider
Theile sich ebenso in dem gemischten Wasser, als
mometer zeigen müsse. Inzwischen meint Dalton,
nentlich in Beziehung auf Wasser auch dieser Grund
reiche, weil dessen Wärmecapacität in einem weit hö-
rade als die des Quecksilbers wachse. Als Gründe
stellt er auf, dafs erstens das Volumen von einem
ifsen und einem Mafs kalten Wassers kleiner sey, als
e Summe beider Volumina[1], mithin Verdichtung statt
ei Verdichtungen aber allezeit Wärme ausgeschieden
Zweitens aber verändere ein Körper stets seine Capa-
ch Veränderung seines Aggregatzustandes, und zwar
sie mit der Temperatur wachse, wie sich dieses beim
ge von Eis zu Wasser und zu Dämpfen zeige. Letz-
nicht ganz richtig, denn nach Delaroche und Bé-
die Wärmecapacität des Wasserdampfes geringer, als
Wassers. Aus diesen Gründen ist Dalton geneigt, die
der Capacitäten den Zunahmen des Volumens proportio-
tzen, wonach sie für Wasser beim Siedepuncte viermal
, als bei der mittleren Temperatur sey. Um die Sache
zu prüfen, stellte er aufser seinen früheren Versuchen
urg neue an, die aber gar keine Beurtheilung zulassen,
ner der zahlreichen bedingenden Einflüsse berücksich-
de.

Wasser von 212° F. und 2 Unzen Eis (?) von 32° F. gaben 200°,5
— — 130° - — - — — — 32 — 122,0
— — 50° - — - — — — 32 — 45,3

i Versuche verloren von 30 Th. Wasser jeder 11°,5 F.,
mmen 345°, und 1 Th. Wasser von 32° gewann
der Unterschied 345 — 168,5 = 176,5 drückt die An-
Grade aus, welche in das Eis eindringen, um es in
von 32° zu verwandeln[2]. Die beiden andern Versuche,
ie Weise berechnet, geben 150° und 128°, und da
i Zahlen nahe in dem Verhältnifs 5:6:7 stehen, so

---

[1] ses ist eine nothwendige Folge der mit den Temperaturen
den Ausdehnung.

[2] as hier das Eis soll, ist nicht füglich zu entziffern; auch
n 2 Unzen Eis, was aber eiskaltes Wasser zu bezeichnen

folgt, dafs ebenso viel Wärme erfordert werde, um Wasser niedriger Temperatur um 5 Grade, als um Wasser von mittlerer und von hoher um 7 Grade zu erheben. Dalton scheint beachtet zu haben, dafs diese Folgerung mit seinen übrigen schen Schlüssen im geraden Widerspruche steht, denn nach müfsten die Wärmecapacitäten in dem angegebenen hältnifs abnehmen. Eine mit wachsender Temperatur mende Wärmecapacität des Wassers und einiger anderen sigkeiten hat auch Ure[1] aus seinen Versuchen gefunden. Anwendung des (§. 419) beschriebenen Verfahrens bei dem gläsernen Kolben folgende Flüssigkeiten erkalten, obachtete die hierzu erforderlichen Zeiten. Es erkalteten

Wasser . . .	von	98°,89 C.	bis	65°,56	in 21,50 Min.
	—	65,56 —	—	32,22	— 57,00 —
Schwefelsäure .	—	98,89 —	—	65,56	— 17,00 —
	—	65,56 —	—	32,22	— 39,33 —
Spermacetiöl . .	—	98,89 —	—	65,56	— 12,75 —
	—	65,56 —	—	32,22	— 29,00 —
Terpentinöl . .	—	98,89 —	—	65,56	— 11,25 —
	—	65,56 —	—	32,22	— 25,83 —

Werden diese Resultate auf die oben angegebene Weise rechnet, so erhält man für

Wasser $\frac{21',5}{1,950} = 11',00$ und $\frac{57'}{1,950} = 29,2$

Schwefelsäure $\frac{17'}{3,695} = 4',6$ und $\frac{39',33}{3,695} = 10,64$

Spermacetiöl $\frac{12',75}{1,940} = 6',57$ und $\frac{29'}{1,940} = 15,00$

Terpentinöl $\frac{11',25}{1,875} = 6',0$ und $\frac{25',83}{1,875} = 13,8$

Hieraus die Wärmecapacitäten ableitend, die des Wa Einheit genommen, findet Ure

---

1 Annals of Phil. 1817. T. X. p. 278. Vergl. Hare cyclop. Metrop. Art. *Heat*. p. 314.

Digitized by Google

	öhere Temperaturen	niedere Temperaturen
asser . . .	1,000	1,000
wefelsäure .	0,418	0,364
rmacetiöl . .	0,597	0,513
rpentinöl . .	0,545	0,472

iefst hieraus, dafs zwar die Verhältnisse bei der Schwe- und den beiden Oelen in beiden Reihen zu einander nal sind, dafs aber die specifische Wärme des Was- ch seinem Verhältnisse zu den drei andern Flüssigkei- iedrigeren Temperaturen weit kleiner seyn müsse, als en. Giebt man sich die Mühe, dieses Verhältnifs aus ebenen Bestimmungen zu berechnen, und nimmt man ie mittlere Temperatur aus beiden Reihen, so würde Wärmecapacität des Wassers bei 49° C. zu der bei ach der Schwefelsäure wie 1:0,8708, nach Sperma- ie 1:0,8593, nach Terpentinöl wie 1:0,8650, also im ie 1:0,8650 verhalten.

) Da gerade das Gegentheil bei den Gasen und auch n Körpern statt findet, so wird dadurch mindestens einlich, dafs dieses Resultat unrichtig sey, da es auch m mit theoretischen Gründen nicht wohl im Einklang Es was daher ein verdienstliches Unternehmen, dafs F. MANN[1] diese Frage durch neue Versuche zu beantwor- ernahm, welche er mit Anwendung aller, den neuesten ritten der Wissenschaft angemessener Regeln der feine- inst des Experimentirens anstellte. Das kalte Wasser sich in einem kupfernen Gefäfse, dessen Masse nach er Reduction für seine specifische Wärmecapacität dem hinzuaddirt wurde; das durch Wasserdämpfe erhitzte floss durch einen Hahn zum kalten, und nach gehöri- nrühren zeigte ein Thermometer das erzeugte Maximum mperatur der Mischung. Dieses Thermometer war nicht ür das Caliber corrigirt[2], sondern auch mit einer Loupe iem Nonius versehn, so dafs 0,01 der Scale abgelesen konnte. Mit Uebergehung des sehr ausführlichen Calcüls s genügen, nur die aus drei Versuchsreihen erhaltenen

[1] Poggendorff's Ann. XXIII. 40.
[2] Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. VIII. S. 940 ff.

Digitized by Google

Resultate mitzutheilen. Hiernach war das Verhältnifs der cifischen Wärme des kalten Wassers von der mittleren Versuchen erhaltenen, also von 27°,5, zu der des heifse 100° C. nach der ersten Versuchsreihe = 1 — 0,00038, na zweiten = 1 — 0,0136 und nach der dritten = 1 — 0,00731. den diese Gröfsen für die Abkühlung corrigirt, welch heifse Wasser während des Herabströmens durch m Höhen erlitt, so ergiebt sich im Mittel die specifische des siedenden Wassers zu der des Wassers von 27°,5 peratur wie 1,0127 zu 1 und die des siedenden Wasser des Wassers von 0° Wärme wie 1,0176 zu 1. Neuma merkt hierbei, dafs diese Gröfse, verglichen mit der Z der Wärmecapacitäten fester Körper für 100° C., wie diese Dulong gefunden worden ist, als sehr gering erscheint, sie beträgt nur etwa die Hälfte des kleinsten und ein Drittel des gröfsten von diesem gefundenen Werthen dem einzigen zusammengesetzten Körper, dem Glase, diese Zunahme als Minimum $\frac{1}{28}$, beim Wasser dage Aus diesen Versuchen geht nach Neumann unbezweifelt vor, dafs die Wärmecapacität des Wassers beim Sie gröfser sey, als beim Gefrierpuncte; zur genauen Bestim der Gröfse dieses Unterschiedes aber (glaubt er) seyen weitere Beobachtungen erforderlich, diese dürften aber nic fsen Schwierigkeiten verknüpft seyn, sollten sie den vor den an Genauigkeit gleich kommen oder gar sie übertref

423) Wirklich aber sind seitdem Versuche angestellt den, welche auf jeden Fall als ausnehmend genau gelten und zwar durch Regnault[1]. Das ausführlich von diesem schriebene Verfahren, die specifischen Wärmecapacitäten schiedener fester Körper zu bestimmen, wird später (§ mitgetheilt werden, hier aber handelt es sich blofs um d verschiedenen Temperaturen ungleiche Capacität des Wa welche er hauptsächlich deswegen unternahm, weil er di die Genauigkeit des von ihm angewandten Verfahrens p wollte. Nach den Resultaten aus zwei Versuchen sich die specifische Wärme des Wassers, wenn sie b Temperatur zwischen 0° und 20° = 1 gesetzt wird,

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 1. Poggendorff LI. 1 u. 218.

Digitized by Google

= 1,00709 und für 98°,11 = 1,00890, woraus die
e der Wärmecapacität dieser Flüssigkeit gleichfalls evi-
vorgeht. Das Mittel aus diesen Werthen, nämlich
st allerdings kleiner, als die durch NEUMANN gefundene
dürfte man aber annehmen, dafs diese Bestimmug für
erschied zwischen 20° und 98° C. gelte, so würde für
erschied zwischen 0° und 100° das Verhältnifs 1 : 1,00976
nmen.

Bestimmungen der specifischen Wärmecapacitäten
r Flüssigkeiten, wie sie von den verschiedenen Ge-
gefunden wurden, sind in der unten angehängten all-
n Tabelle enthalten.

Specifische Wärmecapacität der festen Körper.

1) Die Bestimmung der specifischen Wärme fester Kör-
mit weit geringeren Schwierigkeiten verbunden, als die
eschriebenen Versuche für tropfbare Flüssigkeiten und
ndere für die Gase unumgänglich erforderten, und es
gt wohl keinem Zweifel, dafs dabei die Methode der
ngen schon deswegen die geeignetste sey, weil die spe-
n Wärmecapacitäten, so wie die specifischen Gewichte,
asser als Einheit reducirt zu werden pflegen. Versuche
sten Körpern wurden daher in grofser Zahl angestellt,
die Lehre von der specifischen Wärmecapacität der Kör-
s den Erscheinungen des schmelzenden Eises und der
hen Temperatur vereinter heterogener Flüssigkeiten Ein-
efunden hatte. Auch in Beziehung auf feste Körper
wir uns einer Mittheilung der unter einander rücksicht-
r angewandten Methode sehr nahe übereinstimmenden
ngen der älteren Physiker BLACK, IRVINE, WILKE,
ORD, KIRWAN, GADOLIN und Anderer überheben. An
ihen sich diejenigen, welche LAVOISIER und LAPLACE
n Eiscalorimeter anstellten, die wegen ihrer hohen Ge-
it zugleich auch dazu dienen können, die Resultate
i früheren Versuchen zu controliren[1]. Unter andern er-

[1] Einen kleinen Beitrag lieferte TARDY DE LA BROSSY, s. Bibl. XXXVIII. p. 201.

Digitized by Google

hitzte Wilke[1] ein Stück Glas bis 86° C., tauchte es in W
von 0°, und fand die erhöhete Temperatur = 12°,75.
solchen wiederholten, wenig abweichende Resultate g
Versuchen fand er die specifische Wärmecapacität des
=0,1877, Lavoisier und Laplace dagegen fanden
ihres Eiscalorimeters diese Gröfse = 0,1929, was nur
deutend abweicht. Die übrigen, von diesen Gelehrten
fundenen Bestimmungen sind in der unten angehängten
enthalten.

425) Inzwischen ist dieses Gebiet durch die Bem
neuerer Gelehrten nicht unbedeutend erweitert worden, in
theils die älteren Bestimmungen verbesserten, theils nee
zufügten, wovon wir das Wesentlichste hier mittheilen
Joh. Tob. Mayer[2] bestimmte vermittelst seiner Met
Erkaltens die specifischen Wärmecapacitäten einiger gu
trockneter Hölzer, namentlich des Forlenholzes = 0,6
Lindenholzes = 0,670; des Ulmenholzes = 0,450
Birnbaumholzes = 0,50. Dalton[3] blieb der älteren
der Mischungen getreu, und erhielt hierdurch Werthe.
den durch Wilke und Crawford gefundenen nur we
weichen. Er bediente sich dazu eines kleinen gläsern
fafses, bestimmte dessen Wärmecapacität, und gofs
viel Wasser hinein, dafs das Ganze ein Gewicht Was
welches dem der eingetauchten Körper gerade gleich k
zu untersuchenden Körper erhitzte er bis 100° C., se
dann schnell in das Wasser und nahm an, dafs die sp
Wärmecapacität gleicher Gewichte des festen Körpers
Wassers sich umgekehrt verhalte, wie die Veränderun
Temperaturen, die sie erfahren. Auf diese Weise er
viele Bestimmungen, die in der unten angehängten Tab
aufgenommen worden sind. Der Methode der Abkühlung
sich auch Despretz[4], um die specifischen Wärmecap
einiger Metalle aufzufinden, indem er gleich schwere
derselben mit einer Höhlung versah, in diese die Kug

1 Schwed. Abhandl. für d. Jahr 1781.

2 V. Crell's Ann. 1798. St. 6.

3 Ein neues System des chemischen Theils der Naturwiss
Th. I. S. 69.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. VI. p. 184.

Digitized by Google

hen Thermometers senkte, den übrigen Raum mit des nämlichen Metalles füllte, die Kugeln dann in er Luft in einem grofsen Zimmer an Seidenfäden auf- id die ungleichen Zeiten ihres Erkaltens beobachtete. ei die Wirkungen der mehr oder minder bewegten n Oberfläche unschädlich zu machen, überzog er sie auf gleiche Weise mit dem nämlichen Firnifs, er- durch einen heifsen Luftstrom 15° bis 20° über den- unct, wobei die Beobachtung anfangen sollte, und las eraturen an dem Thermometer ab, dessen Kugel in derselben hinabgesenkt war, an dessen Scale noch de geschätzt werden konnten, um den Stand dessel- einem andern zu vergleichen, welches in 3 Fufs Ent- ing, und dessen Scale noch 30stel eines Grades zu den gestattete. Die Rechnung, wodurch aus diesen ngen die specifische Wärme der verschiedenen Me- nden wurde, beruht auf folgenden Principien. Heifst rschufs der Temperatur des Körpers über die der Um- ; die Zeit des Erkaltens von dem nämlichen Puncte nem andern, welche beide Puncte bei allen untersuch- ern gleich waren, t; die Leitungsfähigkeit, bestimmt Quantität der Wärme, welche die Einheit der Ober- auf der Temperatur des Siedepunctes des Wassers er- während der Einheit der Zeit in der umgebenden Luft, Temperatur des Gefrierpunctes bleibend erhalten, ver- ürde, h; das Volumen des Körpers v; seine Dichtig- seine specifische Wärme c; die Basis der hyperboli- ogarithmen e; so ist:

$$u = e^{-\frac{hts}{cvd}},$$

an man $\frac{rs}{3} = v$ setzt,

$$u = e^{-\frac{3ht}{cdr}}.$$

e andere Zeit $= t'$ hat man daher

$$u' = e^{-\frac{3ht'}{cdr}},$$

$$\text{Log.}\, u - \text{Log.}\, u' = \frac{3h(t'-t)\,\text{Log.}\, e}{cdr},$$

und hieraus:

$$c = \frac{3h\,\mathrm{Log.}\,e(t' - t)}{(\mathrm{Log.}\,u - \mathrm{Log.}\,u')dr}.$$

Sind dann ferner u und u', so wie auch h und r in den suchen mit verschiedenen Körpern gleich, so hat man zu stimmung ihrer relativen Wärmecapacitäten

$$c = \frac{t' - t}{d},$$

welches mit der Formel von J. T. Mayer (§. 382) übe kommt. Die auf diese Weise gefundenen Bestimmungen zwar unter sich, aber, da sie nicht auf Wasser reducirt nicht mit denen von Andern gefundenen vergleichbar; D Despretz selbst sie mit einigen von Andern gefundenen gleicht, so habe ich die für Zinn von Lavoisier und La gefundene Gröfse gewählt, um diese Reduction vorzun und sie dadurch vergleichbar gemacht. So reducirt sich in der unten angehängten Tabelle.

426) Von vorzüglicher Wichtigkeit sind die durch long und Petit angestellten Versuche[1], weil sie zu eigentlich gesuchten Bestimmungen zu Resultaten führ bis auf die neuesten Zeiten fortdauernd einen Gegenstand terer Untersuchungen bildeten. Diese Gelehrten gest dafs die Methode der Mischung, oder die Anwendung d calorimeters, bei gehöriger Vorsicht sehr genaue Resul fern könne; weil aber die zu untersuchenden Substanzen in genügender Quantität vorhanden sind, was wohl nu weise in Beziehung auf das Eiscalorimeter gilt, so zo die Methode der Abkühlung vor, und bemüheten sich hauptsächlich, die beiden Fehler, die aus der ungleichen tungsfähigkeit der gebrauchten Massen und der zu sch Abkühlung entspringen, dadurch zu vermeiden, dafs s geringe Mengen anwandten und für langsames Erkalten ten. Letzteres liefs sich dadurch erreichen, dafs die Erk nur bei Temperaturen statt fand, die 10° bis 5° über Umgebung betrugen. Um die Fehler der Thermometer zu gleichen, diente das nämliche Thermometer bei allen S

1 Annales de Chim. et Phys. T. VII. p. 142. T. X. p. 395. de Phys. T. LXXXIX. p. 81. Mém. de l'Institut 1827. p. 147.

dafs die Erkaltung von dem nämlichen Puncte bis zu
ndern, für alle gleichen, statt fand, und durch das
mit einer stark vergrößernden Loupe konnte kein Irr-
der Temperaturbestimmung höher als 0°,01 C. steigen,
lie Bestimmung der specifischen Wärme keinen meßbaren
nehr ausübt. Um die Wirkung der äußeren Umgebung zu
, wurde der zu untersuchende Körper jedesmal in einen
, inwendig berußten Ballon eingesenkt, welcher in
ße mit schmelzendem Eise stand, so daß die Strahlung
nämliche war; außerdem waren die zu untersuchen-
tanzen pulverisirt, in einem Cylinder von dünnem Sil-
stampft, in dessen Axe der Behälter des Thermome-
befand, welches zum Messen der Temperatur diente,
ne Ballon aber, in welchem dieser Cylinder erkaltete,
auf 2 Millim. Quecksilberdruck ausgepumpt. Wie
erforderlichen Bedingungen erreicht wurden, ersieht
us, daß selbst die dichtesten Körper, als Gold und
nicht mehr als 30 Gramm betrugen, die Zeit des Er-
er mindestens 15 Minuten dauerte. Eine Vergleichung
enen Resultate mit solchen, die durch Mischung und
ng eines Eiscalorimeters gefunden waren, zeigte die
nauigkeit derselben. Dulong und Petit gelangten
e Versuche zu einem höchst merkwürdigen *Gesetze*,
die Atome aller einfachen Körper genau die nämliche
pacität haben sollen, oder mit andern Worten, wenn
cifische Wärmecapacität und A das Atomgewicht be-
, so ist $S = \frac{C}{A}$ und annähernd $S = \frac{0{,}375}{A}$, oder *das*
der specifischen Wärmecapacitäten in die Atomge-
t eine constante Größe. Wir wollen zuerst die durch
nten Gelehrten gefundenen Bestimmungen mittheilen,
bei den folgenden Untersuchungen dieses wichtige
n Auge behalten.

Digitized by Google

Substanzen	S	A	SA
Wismuth . . .	0,0288	13,300	0,3830
Blei	0,0293	12,950	0,3794
Gold	0,0298	12,430	0,3704
Platin	0,0314	11,160	0,3740
Zinn	0,0514	7,350	0,3779
Silber	0,0557	6,750	0,3759
Zink	0,0927	4,030	0,3736
Tellur	0,0912	4,030	0,3675
Kupfer	0,0949	3,957	0,3755
Nickel	0,1035	3,690	0,3819
Eisen	0,1100	3,392	0,3731
Kobalt	0,1498	2,460	0,3685
Schwefel . . .	0,1880	2,011	0,3780

Obgleich seit der Zeit, in welche diese Versuche fall viele andere angestellt wurden, von denen die wi demnächst erwähnt werden sollen, so scheint es doch gemessensten, ihnen zunächst die nachfolgenden anzu

427) Das durch Dulong und Petit aufgestellte Gesetz ist zwar ausnehmend wichtig und erregte di anfangs viel Aufsehen, allein es stimmt nach der Me niger Physiker mit den neuerdings durch Mitscherlich setz des Isomorphismus und die genauen Versuche von zelius richtiger aufgefundenen Atomgewichten nicht wie hauptsächlich Victor Regnault[1] zu zeigen sich hat. Nimmt man statt jener älteren Bestimmungen di ren der Atomgewichte, so weichen die Producte der die specifischen Wärmen allerdings ungemein von einan wie folgende Uebersicht zeigt.

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 7. Poggendorff LI. 1 u. 213.

Substanzen	spec. Wärme	Atom-gewichte	Pro-ducte
Wismuth . . .	0,0288	8,87	0,2553
Blei	0,0293	12,95	0,3794
Gold	0,0289	12,43	0,3704
Platin	0,0314	12,33	0,3872
Zinn	0,0514	7,35	0,3799
Silber	0,0557	13,51	0,7518
Zink	0,0927	4,03	0,3736
Tellur	0,0912	8,06	0,7350
Kupfer	0,0949	3,957	0,3755
Nickel	0,1035	3,69	0,3819
Eisen	0,1100	3,392	0,3731
Kobalt	0,1498	3,69	0,5528
Schwefel . . .	0,1880	2,011	0,3780

d bleibt hierbei immer die bei vielen so auffallende
stimmung neben den grofsen Abweichungen bei andern,
s diese durch Zwischenglieder ausgeglichen werden.

) Regnault stellte selbst eine Reihe von Versuchen
ediente sich dabei der Methode der Mischungen. Die
uchenden Körper wurden als kleinere oder gröfsere
einen kleinen Korb aus sehr dünnem Messingdrahte
welcher in seiner Axe eine Hülse hatte, um das zum
r erreichten Temperatur dienende Thermometer auf-
. Dieses Körbchen wurde zum Erwärmen mittelst Sei-
im Wärmekasten aufgehangen, welcher aus drei con-
n Cylindern aus Weifsblech bestand. Der innerste Fig.
A diente zur Aufnahme des Körbchens mit den zu 65.
enden Körpern und einem Thermometer in der inne-
h die Zeichnung kenntlichen Hülse. Der ihn umge-
linder BB aus Weifsblech ist stets mit siedendem
mpf erfüllt, welcher aus dem Kessel V einströmt,
s Rohr T wieder entweicht und sich im Schlangen-
rdichtet. Der äufserste Cylinder CC dient als Man-
vermittelst der eingeschlossenen Luftschicht die Ab-
des Cylinders BB zu verhüten. Am oberen Ende ist
der A durch einen Stopfer von Weifsblech bb ver-
, durch welchen das Thermometerrohr herausragt, am
rch einen verschiebbaren hohlen Cylinder R, gleich-
Weifsblech, von gleicher Dicke als die äufsere Hülle

Digitized by Google

CC. Als Träger des Erwärmungsapparates dient das hohle fäfs DD von Weifsblech, welches mit stets erneuertem W ser von der Temperatur der Umgebung gefüllt wird und dient, um zu verhüten, dafs das Wassergefäfs beim Ver keine Wärme vom Wärmungsapparate annimmt. In seiner ist dieser Träger durch eine der Weite des Cylinders A gleiche Oeffnung durchbohrt, welche während des Erw durch den verschiebbaren Deckel R′ verschlossen gehalten indem er durch das Verbindungsstück m am Schliefser sitzt; beide werden gleichzeitig mit einander herabg wenn man den Cylinder A unten öffnen will. Das G mit Wasser gefüllt, in welches man den Kork mit der tersuchenden Substanz herabsenkt, besteht aus sehr d Messingblech und wird durch zwei sich durchkreuzen denfäden gehalten, die an die Träger des in einer N schiebbaren Gestelles festgebunden sind. In geringem A von der Wand dieses Gefäfses hängt das Thermometer Cylinder so lang ist, als die Höhe des Wassers v an beträgt, und im Durchmesser nicht ganz drei mifst, um die Temperatur des Wassers schnell a zugleich aber ist 1 Centesimalgrad der willkürlich Scale in 15 Theile getheilt, und die Beobachtung mittelst eines Fernrohrs mit horizontaler Axe, welches nem Träger mit getheilter Scale in verticaler Richtung ben wird, wodurch mittelst eines Nonius die Eintheilung Scalentheiles in Zehntel möglich gemacht ist. Das W in dieses Gefäfs aus einem Glase mit engem Halse g welches genau die erforderliche Menge enthält, so da dem Einsenken des Körbchens das Gefäfs fast genau und mit kleinen Differenzen 500 Gramm Wasser enth

Ist das Körbchen im Cylinder A aufgehangen die Erwärmung begonnen, so steigt die Temperatur z fangs rasch, aber dennoch dauert es sehr lange, bis das mometer einen bleibenden Stand angenommen hat, stets 1 bis 2 Grade unter der des Dampfes bleibt. Di reicht es in etwa zwei Stunden, mufs aber dann Stunde in diesem Zustande erhalten werden, ohne Hälfte eines Scalentheiles, also 0°,1 C., zu variiren, langsame Erwärmung ist das Mittel, allen Theilen des tersuchenden Körpers die nämliche Temperatur zu geben.

Wassergefäfs eingerichtet, seine Temperatur mittelst
ohrs abgelesen, die Temperatur der Umgebung nach
pfindlichen, in der Nähe des Wassergefäfses aufge-
Thermometer bestimmt, und das Wassergefäfs gerade
Cylinder A geschoben, indem ein Einschnitt in den
at die Röhre des Thermometers aufnimmt. Nach
e des unteren Verschlusses des Cylinders A läfst man
bundene Körbchen in das Wassergefäfs herab; und
ein Gehülfe dasselbe im Wasser stets herumdreht, be-
an mittelst des Fernrohrs den Gang des Thermometers.
nehr als 0,5 Secunden (?) geschieht das Herablassen
hens in das Wasser und letzteres gelangt zum Ma-
ner Temperatur in etwa 1 bis 2 Minuten, wenn der
cht ein schlechter Wärmeleiter ist, wobei noch die
ngewandt wurde, dem Wasser im Kühlgefäfse eine
r zu geben, welche 1^0 bis 2^0 niedriger war als die
ung, weil es am Ende des Versuches diese um nahe
l übertraf. Aufserdem aber wurde noch eine kleine
für den geringen Wärmeverlust durch Strahlung
, deren Gröfse durch vorläufige Versuche bestimmt

Im Allgemeinen wird vorausgesetzt, dafs die zu un-
en Körper in hinlänglich grofsen Stücken vorhanden
aber nicht jederzeit der Fall ist. Flüssigkeiten schliefst
iserne Röhren von 15 Millim. Durchmesser ein, die
unten verschlossen und bis auf einen kleinen, der
g wegen gelassenen Raum ganz erfüllt sind. Diese
das Körbchen gelegt, und man verfährt dann, wie
. Hierbei dauert die Abkühlung etwa 3 Minuten,
lesultat wird wegen des vorher genau bestimmten
der Glashülle corrigirt. Pulverartige Körper, als Me-
und Metalloxyde, werden benetzt und zusammenge-
m getrocknet, um sie in das Körbchen bringen zu
nitunter kann man sie in hohlen Cylindern zusam-
, wodurch sie zusammenhängend werden. Wenn
nicht gelingt, so schüttet man sie in kleine Cylin-
r dünnem Messing, 15 Millim. im Durchmesser und
hoch, worin man sie festdrückt, und die man in
ien bringt. Es geschieht dieses jedoch nur in un-
en Fällen, weil die Resultate weniger genau werden;

Digitized by Google

denn die Zeit der Abkühlung dauert länger, und zwar
15 Minuten. Da nach dem Princip der Methode das Mas
der Temperatur des Wassers nach dem Vorgange von D
ROCHE und BÉRARD gesucht wird, das heifst dasjenige
dium, wobei der Körper dem Wasser ebenso viele Wärm
theilt, als es durch Strahlung verliert, so wird hie
ausgesetzt, dafs dann der Körper mit dem Wasser eine
Wärme habe, was aber nicht der Fall ist, wenn man
schlechten Leiter operirt, und daher die Zeit, bis zum
chen des Maximums länger dauert. Dieses findet
wenn man auf die zuletzt angegebene Weise mit P
messingnen Behältern operirt. REGNAULT brachte
Correction an, indem er die Zeiten und Grade der Er
des Wassergefäfses vom Anfange an bis zum Eintritt
ximums in eine Relation brachte; inzwischen übergeh
ses und bemerke nur, dafs auch bei Flüssigkeiten in
ren eine etwas längere Zeit erfordert wurde, jede
diesem Falle die Correction unnöthig, weil sie nur
schwindend kleine Gröfse gab. Auf jeden Fall
erhaltenen Resultate für so viel genauer gelten, je k
bis zur Erreichung des stationären Zustandes erfor
Für Körper, die im Wasser auflöslich sind, wählte
Terpentinspiritus statt des Wassers im Kühlgefäfse,
vorher durch vorläufige Versuche dessen specifische W
schen 5° und 15° Temperatur bestimmt, und die
dieser Flüssigkeit in ihrem Gefäfse ausgemittelt war,
durch Ausstrahlung bewirkten Wärmeverlust derselb
Versuchen in Rechnung zu nehmen. Uebrigens ist
sigkeit für den vorliegenden Zweck sehr geeignet, w
grofsen Fluidität, aber der Wärmeverlust an die
gebung ist ungleich schneller als beim Wasser w
geringeren Wärmecapacität, welche nur 0,43 beträgt,
auch die durch die nämlichen Körper in Folge
chens in ihr erzeugte Temperaturerhöhung fast 2
ist als diejenige, die Wasser erhält. Um zu verhüten
Veränderung, welche der Terpentinspiritus durch
der äufsern Luft erleiden könnte, keine Unrichtig
Bestimmung der specifischen Wärme erzeugen möchte
von Zeit zu Zeit Versuche mit dem nämlichen,
Zweck aufbewahrten Stücke Kupfer angestellt, die

en Resultate geben mufsten, so lange die Flüssigkeit esentliche Veränderung erlitten hatte. Dennoch aber ie nämliche Quantität nur drei Wochen lang gebraucht, ge getragen, dafs sie während dieser Zeit dem Ein- r äufsern Luft so wenig als möglich ausgesetzt war.

) Regnault's Versuche sind so gehaltreich und kön- ehr als Muster für ähnliche Arbeiten gelten, dafs sie ihrliche Erwähnung verdienen. Das Messing des Ge- g 55,15 Gramm und galt bei einer specifischen Wär- ät = 0,0939 für 5,18 Gramm Wasser; das Queck- s Thermometers wog 7,62 Gr. und giebt also ein Ae- von 0,251 Gramm Wasser; das Glas desselben und der Röhre, zusammen 1,27 Gramm, gilt für 0,265 Vasser, wonach also der eingetauchte Theil des Ther- auf Wasser reducirt 0,516 Gramm beträgt, und zu ichte des Wassers selbst noch 5,7 Gramm hinzukom- ie reducirten Gewichte der gebrauchten Körbchen n zwischen 1,284 und 0,258 Gramm. Da dieselben so dünnen Drähten bestehen, und so viel Oberfläche zog Regnault vor, ihren Einfluss durch directe Ver- zufinden, die mit 10, 20 und 30 Gramm Blei ange- den, dessen specifische Wärme genau bekannt ist· ür das eine derselben 0,913, statt dafs die Berechnung eben hatte, weswegen er die übrigen hiernach redu- e Formel für die Abkühlung des Wassers ist

$$\Delta\Theta = 0°,0001386\,\Theta$$

Terpentinspiritus

$$\Delta\Theta = 0°,0002075\,\Theta,$$

den Ueberschufs der Temperatur des Wassers über ung und $\Delta\Theta$ den Wärmeverlust in 1 Secunde be- Der gesammte Wärmeverlust wurde gefunden, in- $\Delta\Theta$ mit der Zahl der Secunden multiplicirte, wäh- die Abkühlung statt fand. Diese Formeln stimmten Reihe von Versuchen überein, welche zur Ermitte- Erkaltens von Wasser und Terpentinspiritus ange- den, während man ein kleines angefülltes Körbchen bewegte.

Die Resultate der Versuche scheinen mir so wichtig, lie Zusammenstellung derselben in einer Tabelle, wie

Digitized by Google

diese durch Regnault gegeben worden ist, hier aufnehme
in der am Ende mitgetheilten allgemeinen Tabelle nur
Hauptresultate Platz finden können. Voraus ist aber in
ziehung auf die Körper, deren specifische Wärme er
wurde, noch zu bemerken, dafs das angewandte Mes
71 Kupfer, 27,6 Zink, 1,3 Blei und einer Spur von Zi
stand. Um die specifische Wärme des Terpentinspiritus
halb der Temperaturen zu finden, bei denen es in den
chen in Anwendung kam, wurde das messingne Gefäfs
gewöhnlich gebrauchten Menge dieser Flüssigkeit gefu
dann die Temperaturerhöhung beobachtet, welche eine
gene Menge Kupfer in demselben erzeugte, dessen sp
Wärme vermittelst Wassers sehr genau = 0,09515 g
war. Das untersuchte Zink war durch Destillation g
und aufserdem wurde die Oberfläche der Körner durc
dünnte Salzsäure blank gemacht. Auch das Arsenik
diese Weise gereinigt. Das Cadmium war sehr r
zeigte bei der Analyse nur ein Procent beigemischte
tige Substanz. Zur Reinigung des Wismuth diente ei
maliges Schmelzen desselben mit 0,1 seines Gewichts
ebenso wurde auch das Spiefsglanz gereinigt. Das Z
ganz reines von Banca, Nickel dagegen ist nicht lei
rein zu erhalten, und seine specifische Wärme möch
wohl etwas zu grofs seyn. Das Palladium enthielt
Spur Gold, das Scheel war aus Scheelsäure mittelst Wa
reducirt und dann stark geglüht, ebenso das Moly
Uran, der Schwefel war durch Destillation gereinigt u
geschmolzen, das Selen mochte wohl eine Spur von
enthalten, die aber durch Versuche nicht aufzufinden w
Iod war durch Destillation gereinigt, das Iridium w
muthlich nicht rein, da man es selten so erhält, denn
nur 13,176 specifisches Gewicht, statt dafs man ihm
lich 15,683 beilegt, und die gefundene specifische
mufs daher etwas zu grofs seyn. Kohlenstoff wird
sehr schwer rein erhalten, und ist dann nur in fein
verform vorhanden, welche für diese Art der Ver
die ungünstigste gelten mufs; Regnault begnügte sic
den Versuch mit feinem Pulver von Holzkohle an
die mit Salzsäure rein ausgewaschen war, wozu er
concentrirte Zuckerlösung setzte und dann die Masse

Digitized by Google

rte, um eine poröse Masse zu erhalten, die er in das örbchen legen konnte; inzwischen kann die gefundene che Wärme nicht absolut genau seyn, denn es zeigte ne wahrnehmbare Menge Asche der Kohle beigemengt, die Bestimmung der specifischen Wärmecapacität einen ausüben mufste[1]. Der Phosphor wurde in Glasröh- geschlossen, und auf diese Weise nur bis 30° C. mit- er besondern Vorrichtung erhitzt in das Kühlgefäfs mit inspiritus gebracht, weswegen die gefundene speci- Wärme wohl nicht absolut genau seyn mag. Weil OGADRO diese fast dreimal so grofs gefunden hat, so REGNAULT noch einige Versuche an, wobei der r im gewöhnlichen Apparate bis nahe an 100° C. er- und dann im Wassergefäfse abgekühlt wurde. Hier- ielt das Resultat offenbar zugleich die Flüssigkeits- aber dennoch blieb es noch bedeutend hinter dem VOGADRO gefundenen zurück. Mangan ist nicht wohl metallischer Form zu erhalten, und das mit Kohlen- ark geglühete mufste daher einen beträchtlichen Zu- Kohlenstoff enthalten, weswegen das Resultat nicht g genau gelten kann. Folgende Tabelle enthält eine t der gefundenen und berechneten Gröfsen.

---

[1] Über die specifische Wärme des Kohlenstoffs vergl. §. 447.

Substanzen	spec. Wärme	Mittel	spec. Wärme nach Dulong	Atomgewichte	Prod.
Messing . . .	0,09404 0,09378	0,09391	. . . .	. . . .	. . .
Glas	0,19768	0,19768	. . . .	. . . .	. . .
Wasser von 0° bis 100° . .	1,00709 1,00890	1,00800	. . . .	. . . .	. . .
Terpentinspiritus	0,42988 0,42667 0,42089 0,42745 0,42476	0,42593	. . . .	. . . .	. . .
Eisen	0,11362 0,11373 0,11322 0,11284 0,11397	0,11379	0,1100	339,21	38
Zink	0,09589 0,09528 0,09548	0,09555	0,0927	403,23	38
Kupfer	0,09537 0,09546 0,09497 0,09480	0,09515	0,0949	395,70	37
Cadmium . . .	0,05695 0,05673 0,05639	0,05669	. . . .	696,77	39
Silber	0,05739 0,05691 0,05685 0,05679 0,05712	0,05701	0,0557	675,80	38
Arsenik . . .	0,08163 0,08205 0,08114 0,08081 0,08136 0,08117	0,08140	0,0810	470,04	38
Blei	0,03134 0,03177 0,03109 0,03137 0,03145 0,03129 0,03150 0,03133	0,03140	0,0293	1294,50	

Digitized by Google

zen	spec. Wärme	Mittel	spec. Wärme nach Dulong	Atomgewichte	Producte
	0,03082				
	0,03089				
ı . . .	0,03081	0,03084	0,0288	1330,37	45,034
	0,03084				
	0,03093				
	0,05113				
	0,05037				
. . .	0,05084	0,05077	0,0507	806,45	40,944
	0,05076				
	0,05065				
	0,05624				
	0,05619				
di–	0,05652	0,05623	0,0514	735,29	41,345
. . .	0,05623				
	0,05601				
gli–	0,05685	0,05695	. . . .	. . . .	. . . .
. . .	0,05705				
	0,10873				
. . .	0,10838	0,10863	0,1035	369,68	40,160
	0,10878				
	0,10685				
	0,10707				
. . .	0,10629	0,10696	0,1489	368,99	39,468
	0,10784				
	0,03279				
	0,03246				
	0,03227				
ːh . .	0,03224	0,03243	0,0314	1233,50	39,993
	0,03238				
	0,03268				
	0,03263				
	0,03305				
um .	0,03281	0,03293	. . . .	. . . .	. . . .
	0,05974				
ı . .	0,05893	0,05927	. . . .	665,90	39,468
	0,05916				
	0,03250				
. . .	0,03238	0,03244	0,0298	1243,01	40,328
	0,20446				
. . .	0,20179	0,20259	0,1880	201,17	40,754
	0,20153				
	0,08349				
. . .	0,08396	0,08370	. . . .	494,58	41,403
	0,08368				

Digitized by Google

Substanzen	spec. Wärme	Mittel	spec. Wärme nach Dulong	Atomgewichte	Produ
Tellur	0,05046 0,05194 0,05177 0,05205	0,05155	0,0912	801,76	41,3
Iod	0,05423 0,05401	0,05412	0,08900	789,75	42,7
Uran	0,06239 0,06191 0,06140	0,06190	. . . .	677,84	41,9
Scheel . . .	0,03685 0,03616 0,03606	0,03636	. . . .	1183,00	43,0
Molybden . .	0,07254 0,07182	0,07218	. . . .	598,52	43,2
Nickel, nicht geschmolzen	0,11136 0,11207 0,11232	0,11192	. . . .	369,68	41,3
Nickel, geschmolzen	0,11676 0,11586	0,11631	. . . .	369,68	43
Cobalt . . .	0,11619 0,11782 0,11734	0,11712	. . . .	368,99	43,2
Stahl	0,11789 0,11896	0,11848	. . . .	339,21	40,2
Stahl, feiner	0,12728	0,12728	. . . .	339,21	43,1
Gufseisen . .	0,12983	0,12983	. . . .	339,21	44,0
Kohle	0,24111	0,24111	0,25000	152,88	36,8
Phosphor 10° bis 30° . .	0,18950 0,18780	0,18870	0,38500	196,14	37,0
Phosphor 0° bis 100° C.	0,25250 0,25034	0,25146	. . . .	. . . .	. . .
Iridium (unrein) . . .	0,03715 0,03663 0,03672	0,03683	. . . .	1233,50	45,4
Mangan (unrein) . . .	0,14244 0,14578	0,14411	. . . .	345,89	49,8
Quecksilber	0,03318 0,03361 0,03343	0,03332	0,0330	1265,82	42,1

Ganzen stimmen die hier mitgetheilten Gröſsen mit den
ULONG und PETIT gefundenen genau genug überein,
für ihre Richtigkeit zeugt. REGNAULT meint, die von
altenen Bestimmungen seyen im Allgemeinen etwas
als die jener Beobachter, was er davon ableitet, daſs
im Wasser erwärmten Körper ins Kühlgefäſs trugen,
eine geringe Abkühlung entstehn muſste; inzwischen
olcher constanter Unterschied kaum merkbar.

) Handelt es sich um die Frage, ob das von DULONG
IT aufgestellte Gesetz gültig sey, so ist allerdings das
der Atomgewichte in die specifischen Wärmen nach
mitgetheilten Tabelle keine constante Gröſse, vielmehr
en diese Producte zwischen 38 und 42 (denn es kann
loſs von einfachen Körpern und von denjenigen Be-
gen die Rede seyn, die keine erweislichen Unrichtig-
inschlieſsen, wie z. B. die des Mangans und Irids),
ch dieser Unterschied ist gröſser als er bei der Ge-
t der Versuche seyn dürfte. REGNAULT zählt indeſs
Ursachen auf, welche die Gröſse der specifischen
der Körper bedingen. Dahin gehört namentlich die-
Wärme, welche die Körper flüssig macht, und daher
or dem Eintritt dieses Flüssigkeitszustandes wirksam
l. Auſserdem aber ist die gemessene specifische Wärme
, welche den Körper zugleich ausdehnt, sofern er mit
bergange von einer Temperatur zu einer höheren zu-
ine Vergröſserung seines Volumens erleidet, und die
her die *Ausdehnungswärme* nennen könnte. Sie ist
ſs in den gasförmigen Körpern, weit geringer in den
und festen, und muſs, wie REGNAULT meint[1], die
he Wärme nothwendig veränderlich machen. Hierzu
daſs man bei der Bestimmung der specifischen Wärme
er beliebigen Temperatur ausgeht, die zu der physi-
eschaffenheit der einzelnen Körper, z. B. zu ihrer ge-
oder gröſseren Strengflüssigkeit, in keinem nothwendi-
ammenhange steht; was um so wichtiger erscheint,
an berücksichtigt, daſs die specifische Wärme mit der
e der Temperatur wächst. Endlich ist zu berücksich-
aſs auch mit der Dichtigkeit der nämlichen Körper ihre

Vergl. die hierüber angestellten Betrachtungen in §. 403 ff.

Digitized by Google

specifische Wärme abnimmt. So zeigte Kupfer in zwei suchen 0,09501 und 0,09455, nach starkem Hämmern 0,09360 und 0,09332, und nach dem Ausglühen 0,0940 0,09479, wogegen Blei und Zinn nach dem Pressen keine mehrung weder der Dichtigkeit nach der specifischen W zeigten. Wäre es möglich alle diese Bedingungen mit Gleichung aufzunehmen, so würde sich wohl ohne Zwe aufgestellte Gesetz als genau mit der Erfahrung übere mend zeigen.

Was Regnault ferner über die Genauigkeit der g ren, meistens durch Berzelius aufgefundenen Bestim der Atomgewichte sagt, wage ich nicht zu würdigen; b werden mufs jedoch, dafs einige in der Tabelle aufge von jenen bekannten des schwedischen Chemikers bedeuten chen, und zwar aus Gründen, die zugleich ausführlicher worden sind. Werden die früheren Bestimmungen bei so zeigen sich auch dann noch einige sehr starke Abw gen von dem aufgestellten Gesetze, von der andern S zeigt sich dieses in vielen Fällen so ausnehmend rich man kaum umhin kann, dasselbe als wirklich existire nehmen. Wir werden aber in der Folge sehen, dafs i nahme desselben immer noch bedeutende Schwierigkei gegenstehn, und es auf jeden Fall noch zu früh sey die Atomgewichte der einfachen Körper aus ihren spe Wärmecapacitäten bestimmen zu wollen.

433) Für eine noch gröfsere Menge von Körpern so eben angegebenen hat Neumann[1] die specifischen W capacitäten bestimmt. Unter den drei hierzu anwendba thoden, der Mischung, des Calorimeters und der Abk sind die beiden ersten direct, und die Anwendung des meters schien ihm vor den andern den Vorzug zu ver sobald grofse Massen zu Gebote stehn; inzwischen hielt doch für geeigneter, sich zuvor durch die Methode d schung von der Zulässigkeit der indirecten Methode d kühlung zu überzeugen und dann zu dieser überzugeh der Genauigkeit der angestellten Versuche gewährt al Arbeit zugleich noch den Vortheil, beide von dem sin

1 Poggendorff's Ann. XXIII. 1.

Digitized by Google

ntator angewandte Methoden mit einander zu ver-
Wir übergehn hier die Mittel, wodurch Neumann
nwendung der Methode der Mischung die erforderli-
ectionsgröfsen auffand, weil sie sich zunächst auf die
gewählte eigenthümliche Verfahrungsweise beziehn,
ie auch im Allgemeinen viele wichtige Belehrungen
die bei der Anstellung solcher Versuche der Beach-
werth sind. Bei der Methode der Mischung wird
orausgesetzt, dafs zuerst die Temperatur des erhitzten
owohl, als auch des Wassers, worein derselbe ge-
rd, in allen Theilen ihrer Masse genau bekannt sey,
tens beide nach der Mischung zu einer durchaus glei-
genau bestimmten Temperatur gelangen und dafs drit-
beide keine Wärme weder von aufsen hinzukomme,
in abgeleitet werde. Diese Bedingungen sind jedoch
1 gröfster Strenge zu erreichen, und die hieraus er-
en Fehler müssen daher nach den Umständen der Ver-
rrigirt werden. Neben der Methode der Mischung
ch die der Abkühlung angewandt, und diese geschah
Long's Angabe im luftverdünnten Raume. Das dabei
e Thermometer hatte zum Gefäfs einen Cylinder, über
eine messingene Scheibe mit einem Schraubenge-
1 ihrem Rande festgelackt war, um einen auswärts
en hohlen messingnen Cylinder so darauf zu schrauben,
Gefäfs des Thermometers sich in dessen Axe befand.
schenraum wurde mit der zu untersuchenden, sehr fein
en Substanz ausgefüllt, und dann auf den hohlen mes-
Cylinder ein dünner, gleichfalls aufsen vergoldeter
gesteckt, wobei die Weite des Zwischenraumes etwa
betrug. Dieser Apparat wurde in ein weites, inwen-
hwärztes, messingnes Gefäfs so gestellt, dafs er die
sselben einnahm und die Thermometerscale frei her-
; auf das messingne Gefäfs war eine Campane luftdicht
bt, und es wurde dann dasselbe nebst der Campane
einer Luftpumpe evacuirt. Das Erwärmen dieser Vor-
geschah durch Eintauchen in warmes Wasser, die
ng durch Eintauchen in solches, welches die Tempe-
s Zimmers hatte, und dann wurde die Zeit der Ab-
; von 10° C. bis 1°,25 Ueberschufs über die Wärme
ssers genau gemessen. Das vorher wegen des Calibers

Digitized by Google

corrigirte[1] Thermometer war so getheilt, dafs 3,24 Theile ausmachten, dasjenige aber, welches zum Messen der Temperatur des Wassers diente und mit jenem vorher genau verglichen war, gab auf seiner Scale 0°,2 R. an; die Beobachtung des inneren geschah mit einer Loupe, und da das Zusammenfallen der Oberfläche des Quecksilberfadens mit dem Theilstriche sich scharf unterscheiden läfst, so fand kein parallaktischer Fehler statt. Der Luftdruck im Gefäfse, welcher 10 bis 2 betrug, gab ein Manometer an.

Es liegt in der Natur dieser Methode, dafs die binnen deren das Thermometer von einem bestimmten Ueberschusse der Temperatur über die des Wassers zu einem herabgeht, das Verhältnifs der Wärmecapacitäten des ver ten Cylinders und der in ihm enthaltenen verschiedenen stanzen geben. Inzwischen ergab sich, dafs die Substanzen unter gleichen Bedingungen nicht stets gleiche sultate gaben, sondern Abweichungen zeigten, die gröfseren, als dafs man sie aus Beobachtungsfehlern ableiten Neumann vermuthete daher, dafs sie vom Luftdruck Thermometer, hauptsächlich aber von einem Reste in des evacuirten Gefäfses vorhandener Feuchtigkeit herweswegen später der evacuirte Apparat mit einer in befindlichen Schale voll Chlorcalcium erst eine Nacht stehn blieb, was einen günstigen Erfolg gewährte. Dann war erforderlich, den Einfluſs des Thermometers und goldeten Cylinders zu ermitteln, welches zuerst durch thode der Mischung geschah, wobei die specifische Wärme Quecksilbers = 0,033; des Glases = 0,177; des Messings =0,093 erhalten ward, demnächst aber auf directem Wege Versuche, wobei der Apparat mit vier verschiedenen von bekannter Wärmecapacität gefüllt wurde, und es zeigte hierbei die Zulässigkeit dieses letzteren Verfahrens.

434) Sofern durch Neumann in seinen ebenso sinnen als mit gröfster Sorgfalt angestellten Versuchen die fischen Wärmecapacitäten der nämlichen Körper nach zwei thoden, der der Mischung und der der Abkühlung, bestimmt wurden, ist es interessant, die Resultate beider mit einander zu vergleichen, um so mehr, als die Bestimmungen von

1 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 940.

Digitized by Google

en Methode theils durch Anwendung gröfserer Stücke, ei eingetaucht wurden, theils mit Pulver, welches in fäfse enthalten war, erhalten sind. Hierzu dient die nde Tabelle, worin jedoch blofs die Mittelwerthe aus weichenden einzelnen enthalten sind.

Substanzen	spec. Gewicht	Methode der Mischung im Gefäfse	Methode der Mischung frei	Methode der Abkühlung
werspath . . .	4,429	0,1070	. . . .	. . . .
estin	3,955	. . . .	0,1300	. . . .
hydrit	2,955	0,1854	. . . .	0,169
wefelkies . . .	5,042	0,1323	0,131	. . . .
erkies	4,882	0,1332	. . . .	. . . .
agonit	2,926	0,1966	. . . .	. . . .
lkspath	2,750	0,2015	0,2093	0,195
terkalkspath . . .	2,914	0,2179	. . . .	. . . .
rhofian	. . .	. . . .	0,2168	. . . .
ttriger Magnesit . .	3,037	0,2270	. . . .	. . . .
itheisenstein . . .	3,872	0,1820	. . . .	0,183
mei	. . .	. . . .	0,1712	0,161
theisenstein . . .	5,079	. . . .	0,1660	. . . .
englanz	. . .	. . . .	. . . .	0,163
gkrystall . . .	2,610	0,1894	. . . .	. . . .
wefel	. . .	. . . .	. . . .	0,209
timon	. . .	. . . .	. . . .	0,047
nober	. . .	. . . .	. . . .	0,052
lgar	3,240	. . . .	. . . .	0,130
hes Quecksilberoxyd	. . .	. . . .	. . . .	0,049
smuthmetall . .	. . .	. . . .	. . . .	0,027
u Spiefsglanz . .	4,603	. . . .	0,083	0,092
iglanz	7,568	. . . .	0,044	0,053
nde	4,060	. . . .	0,113	0,112
koxyd	. . .	. . . .	. . . .	0,132
noxydul . . .	. . .	. . . .	. . . .	0,106
npecherz . . .	. . .	. . . .	. . . .	0,106
pferoxyd . . .	. . .	. . . .	. . . .	0,137
romoxyd	. . .	. . . .	. . . .	0,196
kstein	. . .	. . . .	. . . .	0,090
lybden	. . .	. . . .	. . . .	0,102
nnig	. . .	. . . .	. . . .	0,061
imonichte Säure . .	. . .	. . . .	. . . .	0,130
gnesia	. . .	. . . .	. . . .	0,276

Digitized by Google

Neumann bediente sich später eines mehr vervollkom
Apparates, und erhielt mittelst desselben noch einige B
mungen, die auf einen sehr hohen Grad von Genauigk
Recht Ansprüche machen, hauptsächlich weil der erwär
parat sehr schnell in das Wassergefäfs gebracht wu
daher aus dem Wärmeverluste während der früher hie
forderlichen längeren Zeit kein Fehler erwachsen konn
Bestimmungen, welche als die Endresultate seiner Vers
betrachten sind, enthält die unten angehängte Tabelle.

435) Minder zahlreiche Bestimmungen der spe
Wärme einzelner Körper sind unter andern die von E
scher[1], welcher die des reinen Kiessandes durch die
der Mischung aus 14 Versuchen = 0,190 fand. Von
Wichtigkeit ist aber ein Beitrag, welchen Rudberg[2]
sung des vorliegenden Problems geliefert hat, inde
neues Mittel angiebt, die Wärmecapacitäten der in
löslichen Salze durch diese Lösungen selbst zu bestim
Methode, welche als eine eigenthümliche Modificati
Mischungen zu betrachten seyn dürfte, sich aber v
ihre Einfachheit empfiehlt. Es sey M die auflösend
masse, T deren Temperatur, m, c, t die Masse, sp
Wärme und Temperatur der aufgelösten Salzes, die d
sers als Einheit angenommen, τ die Temperatur der F
nach der Auflösung und λ die dabei gebundene oder
dende Wärme, so ist die letztere Gröfse zusammenge
der bei der Lösung des Salzes latent werdenden Wä
der durch Volumensänderung sich entwickelnden un
durch chemische Verbindung erzeugten, falls diese st
Ohne diese einzeln zu berücksichtigen ist gewifs, d
Summe, sie sey positiv oder negativ, nothwendig d
masse proportional und zugleich unveränderlich seyn m
lange das Verhältnifs des Salzes zum Wasser nicht
wird. Ist also in zwei Versuchen dieses Verhältnifs
die Temperatur des Salzes aber ungleich, so erhält m
gende zwei Gleichungen

$$M(T-\tau) + mc\,(t-\tau) = m\lambda),$$

---

1 Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. 3te Aufl. Th.
2 Aus Berzelius Jahresbericht für 1834 in Poggendorf
XXXV. 474.

Digitized by Google

$M = \mu m$ ist, im ersten Versuche:

$$\mu(T - \tau) + c(t - \tau) = \lambda,$$

ten aber

$$\mu(T' - \tau') + c(t - \tau') = \lambda,$$

eliminirt, und c oder die specifische Wärmecapacität werden kann. Rudberg theilt zwei Probeversuche ch die er im Mittel die Wärmecapacität des Kochsal-),1743 und der schwefelsauren Talkerde mit Krystall- = 0,2906 fand, ohne hierbei gerade die schärfste Ge- t zu beabsichtigen.

) Die älteren Bestimmungen der specifischen Wärme u optischen Apparaten dienender Metalle, und nicht uch die von Dalton angegebenen, fand R. Potter[1] ässig, zugleich aber die durch Dulong und Petit er- von diesen so ungemein abweichend, dafs er sich um zu eigenen Versuchen entschlofs, als es ihm unver- schien, dafs die letzteren Gelehrten eben der bedeu- Unterschiede wegen die von ihren Vorgängern ange- Methode der Mischungen verliefsen, welcher er aufser nfachheit auch deswegen den Vorzug einräumt, weil Fehler leicht beseitigen kann, wenn man zuerst die Körper in kälteres Wasser, dann aber die kälteren in heifseres Wasser taucht, und in beiden Fällen die gemeinschaftliche Temperatur mifst. Dieses ist aller- nbestreitbar richtig, allein wenn man die anfangs durch mittelst beider Verfahrungsarten gefundenen Werthe nder vergleicht, so zeigt sich eine so bedeutende Ab- g unter ihnen, dafs man kaum umhin kann, entweder hode im Allgemeinen, oder, da diesem anderweitige entgegenstehn, der durch ihn angewandten Art des Ex- irens sein Vertrauen zu entziehn. So fand er für Stahl as erste Verfahren die specifische Wärme = 0,113, as zweite 0,200, für Spiegelmetall durch jenes 0,075, ieses 0,223. Später glaubte er die Fehler dadurch zu en, dafs er grofse Massen der einzutauchenden Substanz denn das Gefäfs, dessen er sich bediente, faste nur rains Wasser, und bei den Versuchen mit Blei tauchte

[1] Edinburgh Journ. of Sc. N. Sér. N. IX. p. 75.

Digitized by Google

er 8000 Grains dieses Metalls in 2000 Grains Wasser. I
er dann mit gröfserer Vorsicht experimentirte, auch d
brauchten Thermometer gehörig prüfte, erhielt er genauer
einstimmende Resultate, die in der unten angehängten T
mit aufgenommen sind.

437) Noch haben wir eine der wichtigsten Arbei
diesem Gebiete zu erwähnen. Delarive und Marcet,
Bemühungen um die Auffindung der specifischen Wär
citäten mehrmals erwähnt worden sind, haben diese se
anhaltend fortgesetzt[1]. Sie bedienten sich dabei der d
long und Petit angegebenen Methode der Abkühlung,
sie die in geeigneten Gefäfsen eingeschlossenen Substan
erst im leeren Raume, dann während des Vorbeistreic
nes eindringenden Gases oder Dampfes von niedrigere
peratur und bestimmter Menge erkalten liefsen, und di
erforderliche Zeit mafsen. Ist dann das Verhältnifs de
fischen Wärme der Gasart oder des Dampfes und de
schied der Geschwindigkeit des Erkaltens bekannt, so l
hieraus die specifische Wärmecapacität bestimmen.
von Dulong und Petit gebrauchten Cylinders von S
men sie eine hohle Kugel von Gold, ungefähr 12 M
Durchmesser haltend und 3 Gramm schwer, für die t
Flüssigkeiten dagegen ein cylindrisches Gefäfs von
Kubikcentimeter enthaltend und 4,775 Gramm schwer,
hohle Kugel von Platin. Die festen Körper wandten
feines Pulver an, um den Fehlern zu entgehen, d
entspringen, dafs die sämmtlichen Theile wegen
Durchleitung nicht insgesammt die nämliche Temperat
Der Kugel gaben sie deswegen den Vorzug, weil
empfindliche Mefsthermometer in ihrer Mitte befand
Wärme nach allen Seiten hin gleichmäfsig abgegeben
übrigens war die Art des Experimentirens gerade so,
für die Gasarten angewandte, aufser dafs das Schla
fehlte, und dafs sie die umgebende kupferne Kugel
Exantliren in Eiswasser senkten, wenn sie die Zeiten
kaltens mafsen (§. 399). Das Thermometer gestattete
kleinen Kugel ungeachtet vermittelst einer Loupe das

1 L'Institut. 1840. VIIIme Ann. N. 335. Ann. de Chim. et
T. LXXV. p. 232.

5 und selbst von 0,005 eines Centesimalgrades; da es r blofs um eine genaue Vergleichung handelte, so hat- len Punct der Scale, von wo aus sie die Erkaltung und denjenigen, bis zu welchem das Thermometer aufste, durch sehr feine Linien bezeichnet. Meistens eten sie das Sinken des Thermometers nur von 15° bis Es versteht sich von selbst, dafs sie bei diesen Ver- den Einfluſs des Thermometers und der Kugel nicht ı, deren specifische Wärmecapacitäten sie durch Ver- g mit Kupfer bestimmten, dessen specifische Wärme 5 gegen Wasser als genau aufgefunden gelten kann. chnung bedienten sie sich der bekannten Formel. Ist suchte Wärmecapacität der Substanz, p ihr Gewicht, ecifische Wärme des Kupfers und p′ dessen Gewicht, Product der Masse in die Wärmecapacität der golde- gel, des Glases und des Quecksilbers, welche zum gehörten, ist ferner t die Zeitdauer des Erkaltens in , wenn die Kugel mit derjenigen Substanz erfüllt ist, ecifische Wärme c und deren Gewicht p ist, t′ dage- Zeit des Erkaltens um gleiche Grade, wenn sie mit rfüllt ist, so hat man

$$\frac{MC + pc}{MC + p'c'} = \frac{t}{t'}, \text{ also } MC = \frac{p'c't - pct'}{t' - t},$$

bekannt seyn muſs, was man finden kann, wenn MC ist.

er den untersuchten Substanzen, deren specifische Wär- täten in der angehängten Tabelle aufgezeichnet sind, hauptsächlich der Kohlenstoff eine nähere Betrach- ssen specifische Wärme von den verschiedenen Beob- ehr abweichend angegeben wird, obgleich eine richtige ng derselben zur Prüfung des Dülong'schen Gesetzes htig wäre. Gegen den Einfluſs der Wasserdämpfe in emen Abkühlungskugel, welcher so leicht Fehler her- kann und daher nach Regnault die ganze Methode macht, glauben Delarive und Marcet sich genü- chert zu haben, weniger leicht schien es ihnen aber, luſs des ungleichen Leitungsvermögens der untersuch- anzen zu beseitigen, den sie hauptsächlich auch bei le wahrzunehmen glaubten. Ihre Bestimmung der spe-

Digitized by Google

cifischen Wärme derselben = 0,165 wich bedeutend von der
Regnault gefundenen = 0,25 ab; sie stellten daher neue
suche mit sehr reiner, aus Candiszucker bereiteter und fe
gestampfter Kohle an, erhielten aber ein noch geringer
sultat = 0,14. Es glückte ihnen indefs, durch grofs
und mit bedeutenden Kosten eine hinlängliche Men
mantstaub anzuschaffen, und ein glücklicher Zufall g
dann bei den Versuchen eine leichte und unmittelbare
chung mit Kupfer. Die goldene Kugel mit dem Ther
für sich wog 4,338 Gramm, mit Diamantstaub angef
sie 10,717 Gramm, mit Kupferfeilig angefüllt 12,343
Die Erkaltung von 11° bis 3° C. dauerte beide Male 12
cunden. Hiernach war also in der Formel für

$$c = \frac{(MC + p'c')\frac{t}{t'} - MC}{p},$$

$t = t'$, und sie verwandelte sich daher in

$$c = \frac{p'c'}{p},$$

woraus sie $c = 0{,}1192$ erhielten. Hiernach halten sie
fraglich, ob nicht die Ungleichheit der erhaltenen
eine Folge aufgenommener Gase, namentlich des W
sey, welches die Kohle so begierig absorbirt, und ob
überhaupt in ihrem verschiedenen Aggregatzustande
che Wärmecapacität beibehält.

438) Es war bereits wiederholt davon die Rede,
Wärmecapacität der Körper nicht bei allen Temper
selbe sey. Der Erste, welcher diese Frage mehr in
brachte und mit der Theorie über das Verhalten
überhaupt zu vereinigen, als durch genügende Versu
antworten suchte, war Dalton[1]. Da aber die Be
der specifischen Wärme an sich zu den schwierigern
gehören und die Unterschiede bei verschiedenen Te
nicht eben grofs, also auch nicht leicht genau zu
sind, so geschah im Ganzen nicht viel zur Erledig
Aufgabe. Inzwischen haben wir gesehn (§. 411),

1 Ein neues System des chemischen Theiles der Natur
Th. I. S. 58.

Digitized by Google

die specifische Wärme der Gase bei höheren Tempe-
röfser fand, als bei niedrigern, in Beziehung auf tropf-
ssigkeiten wurde diese Frage vielfach erörtert (§. 421),
lässiges Resultat, wonach allerdings beim Wasser, und
chst wahrscheinlich bei allen tropfbar-flüssigen Kör-
e specifische Wärme gleichfalls mit der Zunahme der
ur wächst, ist nur das durch Neumann gefundene zu
; in weit gröfserem Umfange ist aber für feste Kör-
e eigenthümliche Gesetz genügend erwiesen worden.
und Petit[1] bedienten sich hierzu der Methode der
n, wählten einige nicht zu leichtflüssige Metalle, de-
ur Gewinnung einer gröfseren Oberfläche die Form
ge von 1 bis 3 Kilogramm Gewicht gaben, erhitzt-
wenn ihre Wärme nur bis zum Siedepuncte reichen
Wasser, für höhere Temperaturen aber in Quecksilber,
sie durch letzteres angegriffen wurden, in einem Bade
wobei die anhängende Flüssigkeit mit in Rechnung
urde. Die zum Eintauchen bestimmte Masse war je-
r grofs, so dafs eine Temperaturerhöhung von etwa
C. über die der Umgebung erzeugt wurde; die Mes-
ah mit einem Thermometer, woran sich noch 0°,01
en liefs, und der Einfluss des sehr dünnen, auf drei
enden Gefäfses von Weifsblech wurde mit in die
aufgenommen. Aufserdem war dasselbe (nach Rum-
thode) entweder vor dem Experimente so viel käl-
ne Temperatur nach demselben die der äufseren Um-
rtraf, oder es hatte diese Temperatur der Umgebung
ngs, und der geringe Einfluss der Strahlung ward
igen Gröfse corrigirt, welche sich aus Versuchen
reie Erkaltung desselben ergab. Die ersten Ver-
fen das Eisen, welches sich wegen seiner grofsen
m meisten hierzu eignete. Hierbei fanden sie aus
iederholten Versuchen im Mittel:

cität des Eisens von 0° bis 100° C. = 0,1098
— — — 0 — 200 — = 0,1150
— — — 0 — 300 — = 0,1218
— — — 0 — 350 — = 0,1255.

Weise fanden sie die mittlere

—

de Chim. et Phys. T. VII. p. 144.

Digitized by Google

	Capacität von 0° bis 100°	Capacit von 0° bis
für Quecksilber	0,0330	0,03
— Zink	0,0927	0,10
— Antimon	0,0507	0,05
— Silber	0,0557	0,06
— Kupfer	0,0949	0,10
— Platin	0,0355	0,03
— Glas	0,1770	0,19

Es mufs hierbei noch bemerkt werden, dafs die Te turen mit dem Quecksilberthermometer gemessen und das Lufthermometer reducirt wurden[1].

Schitko[2] hat in einer ausführlichen, der Beachtu dings werthen Abhandlung nicht blofs die specifischen W capacitäten der Körper, sondern die Gesammtmenge der die sie aufnehmen, um von einer niederen Temperatur höheren überzugehen, auch mit Rücksicht auf denje theil, der dabei gebunden wird, zu bestimmen ge ganze Untersuchung hier zu berücksichtigen dürfte nic mäfsig seyn, denn sie führt auch dahin, die *Grade* d *mometer* nicht nach der Gröfse der Ausdehnung der gen thermoskopischen Substanz, sondern nach der e hierzu erforderlichen Wärmemenge zu bestimmen. Es hier nicht unbemerkt bleiben, dafs auch aus diesen chungen eine mit den Zunahmen der Temperaturen Wärmecapacität hervorgeht. Blofs für drei Körper, ber, Eisen und Glas, hat er folgende Tabelle berech

Temperaturen	Wärmecapacität Quecksilber	Eisen	Glas
0°C. .	0,0320	0,1100	0,1740
1 . . .	0,0320	0,1100	0,1741
20 . . .	0,0321	0,1106	0,1750
40 . . .	0,0322	0,1112	0,1759
60 . . .	0,0323	0,1116	0,1766
80 . . .	0,0323	0,1120	0,1772
100 . . .	0,0324	0,1124	0,1778
200 . . .	0,0326	0,1136	0,1798
300 . . .	0,0328	0,1145	0,1811

1 Vergl. *Thermometer*. Bd. IX. S. 954.
2 Wiener Zeitschrift Th. VI. S. 138 ff.

niedrigsten bis zu den höchsten Temperaturgraden, ei keinem andern Körper möglich ist, hat Pouillet[1] ische Wärme des Platins bestimmt. Hierzu bediente ner 178 Gramm schweren Platinkugel, die in einem el erhitzt und schnell nach der Methode der Mischun- Vasser geworfen wurde. So fand er die mittlere spe- Värme des Platins, die des Wassers = 1 gesetzt,

100° C.	= 0,03350	für 500° C.	= 0,03518
200 —	= 0,03392	— 600 —	= 0,03560
300 —	= 0,03434	— 700 —	= 0,03602
400 —	= 0,03476	— 800 —	= 0,03644

Wir müssen hier noch einmal die Frage über das ſs *der specifischen Wärmecapacitäten der Körper Atomgewichten*, die schon oft gelegentlich erwähnt genaueren Untersuchung bringen. Dulong und Petit enigen, welche das angegebene Gesetz (§. 426) aus uchen mit festen Körpern ableiteten; man wandte es ch auf gasförmige und tropfbar-flüssige an und fand stätigt, bald widerlegt. Unter die, wenn nicht be- , doch entschiedensten Gegner desselben gehört auch welcher es den französischen Gelehrten zum Vorwurf ſs sie beim Auffinden so bedeutender Abweichungen ltate von denen, welche ihre Vorgänger, namentlich ider, erhalten hatten, nicht die von den Letzteren an- Methode wieder wählten, und den Grund der auffal- terschiede auszumitteln suchten. Aus seinen eigenen (§. 436) schliefst er, dafs das aufgestellte Gesetz lässig sey, welches Dalton blofs bei den einfachen leckt und zu voreilig auf alle Körper ausgedehnt Gesetz, wonach die Atome aller einfachen Körper irmecapacität haben sollen, passe zwar auffallend für doch mit Ausnahme des Silbers, und könne daher ausgemacht gelten, so lange diese Ausnahme statt serdem aber hätten Dulong und Petit diejenigen gen der Atomgewichte gewählt, die für ihre An-

---

[1] ndorff's Ann. XXXIX. 571. Vergl. *Thermometer*. Bd. IX.

burgh Journal of Science. New Ser. N. IX. p. 75.

Digitized by Google

sicht paſsten, und zugleich hätten sie von den durch Ber
angegebenen Bestimmungen in vielen Fällen ½, in an
und ¾ genommen. Er berechnet ferner nach dem aufg
Gesetze die Atomgewichte unter der Voraussetzung, d
Hydrogen = 1, das Ogygen aber 7 betrage, und dann
sich allerdings eine groſse Menge auffallender Abweichungen
scheint mir diese Fundamentalbestimmung nicht geeign
von Potter aufgestellten Widerspruch genügend zu be
Gegen ihn erklärt sich James F. W. Johnston[1], ma
aber den ungerechten Vorwurf, daſs er die alte Mec
Mischung statt der neuen der Abkühlung gewählt hab
obgleich jene die ältere ist, so folgt hieraus nicht, daſs
schlechtere sey, vielmehr ergeben die beigebrachten M
namentlich von Neumann, daſs durch dieselbe aller
nügende Resultate zu erhalten sind, die auch Potter
haben würde, wenn er die gehörige Vorsicht angewa
Daſs dieses nicht geschehen sey, geht evident aus d
tend abweichenden Resultaten hervor, die er durch
einander entgegengesetzten Verfahrungsarten erhielt,
einmal das Wasser, das andere Mal den einzutauchen
erhitzte. Uebrigens zeigt sich die Abweichung der d
ter gefundenen Gröſsen von denen, die durch Dulong
angegeben worden sind, nur bei Gold, Silber und Wis
in dieser Beziehung bemerkt Johnston richtig, daſs
ihm gebrauchten englischen Goldmünzen $\frac{1}{12}$ Silber od
und die silbernen $\frac{15}{1000}$ Kupfer enthielten, wonach al
fundenen Bestimmungen an sich zu verwerfen sind.
muth stimmen beide durch Potter gefundene Be
unter sich genau überein, es läſst sich also nicht so
teln, ob diese oder die durch Dulong und Petit g
die richtigen sind[2]. In Beziehung auf den Vorwurf,
Gelehrten unrichtige Bestimmungen der Atomgewich
hätten, welcher sich auf die Autorität Dalton's stü
Johnston geltend, daſs seit der Zeit dieses aller
achtungswerthen Forschers weit genauere Bestimmungen
worden seyen, die von denen wenig abweichen, dere

1 Edinburgh Journal of Science. New Ser. N. X. p.

2 In der angehängten Tabelle sind die verschieden
neben einander gestellt.

Digitized by Google

schen Gelehrten bedienten. Ganz unzulässig sey aber
hältniss des Sauerstoffs zum Wasserstoff = 7 : 1, da
OMSON[1] vielmehr 16 : 1 als der Wahrheit mindestens
ahe kommend gelten müsse. Endlich zeigt JOHNSTON,
durch POTTER erhaltenen Wärmecapacitäten sich sehr
it dem aufgestellten Gesetze vereinigen lassen, ausge-
bei Silber, Gold und Wismuth, allein die ersten bei-
timmungen seyen aus den angegebenen Gründen unzu-
, und so dürfe auch die letztere so angesehen werden.
chluss kann aber unmöglich gelten, denn auf Wis-
ssen die in Beziehung auf Gold und Silber beigebrach-
vendungen nicht; im Ganzen ist aber das, was über die
ung dieses Gesetzes vorgebracht wird, keineswegs be-
d, weil keine hinlänglich scharfe und sichere Bestim-
, weder der Atomgewichte, noch der specifischen Wär-
itäten, zum Grunde gelegt werden. Für die Aufgabe an
richtig ist die Widerlegung, welche POTTER[2] diesen
achten Einwürfen entgegensetzt, worin er seine Geg-
Unkenntniss der Sache beschuldigt, sofern ihm entgan-
, dass die französischen Gelehrten keineswegs die Me-
r Mischungen für unzuverlässig erklären, und dass die
n Bestimmungen der Atomgewichte von BERZELIUS
n. Wichtiger dagegen ist, dass POTTER sich durch die,
uch nicht genügende, Kritik zu einer abermaligen, sehr
lichen Reihe von Versuchen bewogen fühlte, wobei er
ier gemachten Erfahrungen und die erlangte Fertigkeit
erimentirens benutzte. Er glaubte sich überzeugt zu
lass die Anwendung metallener Wassergefässe leicht zu
rn führe, und er wählte daher ein inneres Gefäss von gefir-
einen, umgab dieses dicht anschliefsend mit einer wollenen,
gewebten Umgebung, und setzte es so in ein zur Aufnahme
inlänglich weites irdenes Gefäss. Die Menge des Was-
elches dieser Apparat aufnahm, betrug ungefähr 3500
Die beiden früheren Verfahrungsarten behielt er bei,
r entweder die Metalle bis 100° C. erwärmte und in
von mittlerer Temperatur tauchte, oder die Metalle von
Temperatur, das Wasser dagegen bis ungefähr 44° C.

---

[1] History of Chemistry. T. II. p. 297.
[2] Edinburgh Journ. of Science. New Ser. N. XI. p. 163.

Digitized by Google

erwärmt anwandte; die Resultate stimmten so genau überein, dafs z. B. für Wismuth im Mittel aus 3 Versuchen nach dem ersten Verfahren 0,03216 und aus 3 Versuchen nach dem zweiten Verfahren 0,03260 erhalten wurde, wobei der kleinste Werth 0,0316, der gröfste aber 0,0339 betrug. Die Menge des Wassers war überhaupt gering und betrug nach der Beschaffenheit der zu untersuchenden Metalle im Maximum $\frac{1}{2}$, im Minimum vom Gewichte des eingetauchten Metalles. Lobenswerth endlich die öftere Wiederholung der Versuche, und die erhaltenen Resultate können daher zu den genauesten gerechnet werden, die wir über die von ihm untersuchten Metalle haben. Da bei diesen Versuchen vorzüglich beabsichtigt wurde, das durch Dulong und Petit aufgefundene Gesetz zu prüfen, scheint es am zweckmäfsigsten, die mittleren Resultate neben die von diesen Gelehrten gefunden worden sind, und die Werthe der durch Potter gefundenen Capacitäten in die Atomgewichte, das des Sauerstoffs = 8 angenommen, neben einander zu stellen, wobei wir die von Potter gemachte Bemerkung nicht verschweigen wollen, wie es ihm aufgefallen sey, dafs Dulong und Petit nach beiden von ihnen angewandten Methoden die specifischen Wärmecapacitäten für Kupfer, Silber und Zink bis zur vierten Decimalstelle identisch fanden, was allerdings nur im Bereiche der Möglichkeit liegt.

Metalle	Spec. Capacitäten nach Potter	Spec. Capacitäten nach Dulong	Atomgewichte
Eisen	0,113	0,1098	27,4
Kupfer . . .	0,096	0,0949	32,2
Zink	0,094	0,0927	32,9
Silber	0,059	0,0557	52,5
Zinn	0,056	0,0514	55,3
Antimon . .	0,052	0,0507	59,6
Gold	0,034	0,0298	91,1
Quecksilber .	0,033	0,0330	93,9
Wismuth . .	0,033	0,0288	93,9
Blei	0,032	0,0293	96,8

440) Diese Uebersicht zeigt zuerst, dafs man die Bestimmungen der specifischen Wärmecapacitäten zu einem solchen Grade der Genauigkeit bringen könne, wenn man sich durch den hierzu erforderlichen Aufwand von Mühe und Zeit nicht abschrecken läfst; denn die hier mitgetheilten, durch verschiedene Methoden und von zwei Experimentatoren

Digitized by Google

Werthe stimmen sehr nahe mit einander überein und
iner von beiden Reihen der Vorzug zugestanden wer-
würde ich ihn unbedenklich der durch Potter gege-
uwenden. Wir haben hierin also zweitens eine sehr
ndlage, um das aufgestellte Gesetz zu prüfen. Nach
's Gesetze ist das Product der specifischen Wärme in
ıgewichte eine constante Gröfse, oder S A = C, wenn
ecifische Wärme, A das Atomgewicht und C die con-
röfse bezeichnen (§. 426), mithin ist das Atomgewicht

Als constante Gröfse nimmt Potter die Zahl 31 an,

vision durch die gefundenen Wärmecapacitäten dann die
olumne angegebenen Atomgewichte bezeichnen. Potter
afs diese, mit 2 multiplicirt, den durch Berzelius gefunde-
timmungen der Atomgewichte sehr nahe kommen, doch
einige, die fast genau um $\frac{1}{2}$ abweichen, und bei Wismuth
e Uebereinstimmung vorhanden. Ferner glaubt er, dafs
und Petit das Quecksilber und Antimon aus ihrer
afel weggelassen hätten, weil beide mit ihrer Hypothese
bereinstimmten. Hieraus glaubt er folgern zu müssen,
aufgestellte Gesetz, wonach also auch die Atome aller
n Körper genau die nämliche Wärmecapacität haben
, die Prüfung nicht aushalten würde. Für Gold, Anti-
Wismuth und vielleicht auch Kupfer sey es nicht wohl
, für Silber aber offenbar unzulässig; denn seine einzige
ionsstufe und seine Verbindung mit Chlor zeigten evi-
dafs sein Atomgewicht doppelt so grofs seyn müsse, als
n angegebenen Gesetze folge. Hiernach glaubt Potter,
ch folgendes *Gesetz* wohl rechtfertigen lasse: *die Wär-
ge, welche einfache Körper abgeben, wenn sie von einer
nen Temperatur zu einer geringeren herabgehen, ist ent-
der Zahl der Atome in ihren Massen proportional,
eht zu dieser in einem einfachen Verhältnisse*, wobei
gens die grofsen Schwierigkeiten nicht verkennt, die der
llung irgend eines Hauptsatzes über die Atome der Körper
e ihnen eigenthümlich zugehörige Wärme im Wege stehen.
41) Eine grofse und wichtige Abhandlung über dieses
m ist die von Avogadro[1]. Zu seinen Versuchen be-

[1] Brugnatelli Giorn. Dec. 11. T. IX. p. 16, 85, 274, 305: Sulla

diente er sich eines cylindrischen Gefäfses von dünnem singblech mit einem Ringe an seinem oberen Rande, an chem nach zwischengelegtem geöltem Leder mittelst Schrauben eine Platte festgeschraubt wurde, um jeden der Luft oder des Wassers von aufsen abzuhalten. Die Aufnahme der zu untersuchenden Substanzen bestimmte der ward in ein gröfseres Gefäfs von Messing gesenkt, das zu erwärmende Wasser enthielt, dessen Wärme, g der der äufseren Luft, mittelst eines geeigneten Therm gemessen wurde. Es versteht sich von selbst, dafs be fäfse nebst dem Thermometer, nach ihrer Wärmecapa Wasser reducirt, mit in Rechnung kamen. Das mit pulverten und gewogenen Substanzen gefüllte Gefafs er erforderliche Wärme durch langes Eintauchen in s Wasser; das Herausnehmen desselben mit einer Pinc das Einsenken in das Mefsgefäfs geschah zur Verhütu Wärmeverlustes möglichst schnell, und dann wurde die Erwärmung des Wassers von Minute zu Minute aufge bis nach etwa 8 oder 10 Minuten das Maximum einm hierdurch erhaltenen einfachen Resultate erhielten noch d derlichen Correctionen wegen des Wärmeverlustes de Gefäfses während der kurzen Zeit zwischen dem Hera und dem Wiedereinsenken in das Mefsgefäfs, wegen d meabgabe des letzteren an die äufsere Umgebung und wegen eines Wärmeüberschusses des kleinen Gefafses Temperatur des zum Einsenken dienenden Wassers im blicke, wo dieses das Maximum angenommen hatte. I meln zur Correction des Wärmeverlustes durch Strahl ren auf das *Newton'sche Gesetz* (§. 238) gegründet, in entwickelte Avogadro auch andere analytische Ausdr directen Messungen der Wärmeverluste beider Gefafse i benen Zeiten; die Resultate beider wichen aber nur u dertstel eines Centesimalgrades von einander ab. Endl

densità de' corpi solidi e liquidi paragonata colla massa d molecole e coi loro numeri affinitarii. Die eigentliche Ab in Memorie della Società Italiana delle Scienze residente in T. XX. Fasc. 2. Im Auszuge in Ann. de Chim. et Phys. T. L Vergl. Biblioteca Italiana 1816. Dec. 1817 Gennajo. Memorie d Ital. T. XIX.

Digitized by Google

Sorgfalt hinzu, die Substanzen, wenn sie keine Hydrate von jedem aufgenommenen Wasser frei zu halten. Die en Resultate finden sich in der unten angehängten Ta- nd es möge hier nur bemerkt werden, dafs AVOGADRO e specifische Wärme des Eises mindestens annähe- ise auffand, indem er das kleine Gefäfs mit Eis füllte Erkältung mafs, welche es bei einigen Graden unter frierpuncte des Wasser in dem äufseren, mit Weingeist Gefäfse hervorbrachte, die er dann mit der Wärme , welche dasselbe Gefäfs, mit einer gleichen Quantität bis auf eine gleiche Menge von Graden über 0°C. ge- dem nämlichen Weingeiste erzeugte. Das Resultat im us mehreren Versuchen war 0,92.

?) Die Meinung AVOGADRO's über das Verhältnifs der wichte zu den Wärmecapacitäten klar und obendrein ırz anzugeben ist in der That nichts weniger als leicht, ;entliche Prüfung würde aber einen unverhältnifsmäfsi- fwand von Mühe erfordern, um zu ermitteln, ob die hen Abänderungen bestehender Bestimmungen, die er aubt, um seine Hypothesen mit sich selbst in Einklang gen, mit den stöchiometrischen Gesetzen vereinbar sind. sentlichen nimmt AVOGADRO als erwiesen an, dafs das *'sche Gesetz*, wonach das Product der Wärmecapacitä- die Atomgewichte der einfachen Körper eine constante und zwar = 37,53 sey, als zuverlässig erscheine, und Untersuchungen beziehen sich daher zunächst nur auf die nengesetzten Körper. Anfangs beschränkte er sich auf se, und stellte darüber das *Gesetz* auf: dafs die specifi- Wärme der zusammengesetzten Gase, gleiche Volumina gesetzt, durch die Quadratwurzel der ganzen oder gebro- Zahl der Volumina der einfachen Gase ausgedrückt wer- nn, die sich zur Bildung eines Volumens des zusam- etzten Gases vereinigen, wenn als Einheit der specifi- Wärmen die eines gleichen Volumens eines der einfa- Base gilt. Hiernach muss also für die Kohlensäure und ickstoffoxydul, bei denen jedes Volumen aus einem Vo- des einen und aus einem halben Volumen des andern sammensetzenden Gase besteht, die specifische Wärme- tät = $\sqrt{1,5}$ = 1,225, für Kohlenoxydgas, welches aus halben Volumen jedes der zusammensetzenden Gase be-

Digitized by Google

steht, $= \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}} = \sqrt{1} = 1$, die des ölerzeugenden Ga
wobei zwei Volumina des einen sich mit einem Volumen
andern verbinden, $= \sqrt{3} = 1{,}732$ seyn. In Gemäfsh
Versuche von Dulong und Petit soll ein ähnliches, oder
mehr ein gleiches, Gesetz auch bei festen Körpern statt
dafs nämlich die specifische Wärme eines Atoms eines
mengesetzten Körpers gleich sey der Quadratwurzel a
ganzen oder gebrochenen Zahl, welche die Atome oder
Theile ausdrückt, die sich zur Bildung dieses zusamme
ten Körpers vereinigen, so wie er sich entweder im fes
tropfbaren Zustande befindet, indem man zur Einheit
specifische Wärme nimmt, welche einem Atome eines
fachen Körper in demselben Zustande angehört. Dafs die
führung dieses Gesetzes Schwierigkeiten habe, insbe
die Atome in den flüssigen und festen Körpern mit
gasförmigen nicht genau vergleichbar seyen, gesteht e
zwischen habe ihn die Untersuchung über die Bestim
Atomgewichte einfacher Körper dahin geführt, mindes
sie sich im Zustande der Festigkeit und der Flüssigk
den, sie in Beziehung auf ihre specifische Wärmeca
die Hälfte der Gröfsen zurückzuführen, die ihnen
gegeben hat, und diese sollen dann *thermische Atome*
Man begreift eigentlich nicht wohl, was hierdurch erl
den soll; denn da die Gröfse oder das Gewicht der
ohnehin nicht absolut, sondern nur relativ ist, so kön
keine verschiedenen Resultate hervorgehn, wenn man
die angegebene Gröfse halbirt. Man ersieht dann
Nachfolgenden, dafs ein Atom Sauerstoff oder vielm
Wärmecapacität eines solchen Atoms $= 0{,}375$ seyn
eines Atoms Wasser als Einheit angenommen[1]; die
Wärme des Kohlenstoffs im festen Zustande ist aber
nämliche Gröfse reducirt $= 0{,}25$, und $0{,}25 \times 0{,}764 =$
also sehr nahe die Hälfte von 0,375. Soll also der
auch auf Kohlenstoff anwendbar seyn, so mufs der
LONG und Petit gefundene halbirt werden, er leidet
Anwendung auf Schwefel und die Metalle, und wenn
die thermischen Atome der festen Körper, die des

1 Es mufs bemerkt werden, dafs dieses die bereits
constante Zahl nach Dulong und Petit ist.

ls in fester Gestalt als Einheit angenommen, halbirt, so nan die durch Berzelius angegebenen Gröfsen. Statt fficienten 0,375 wäre also 0,1875 anzunehmen, wonach ifische Wärme des Kohlenstoffs $= \frac{0,1875}{0,764} = 0,245$ on der Erfahrung abweichend[1] gefunden wird. Um och durch einige der verschiedenen gegebenen Beispiele tern und zugleich die Anwendung des oben aufgestell- tzes zu zeigen, wähle ich folgende Bestimmungen. Für oxyd des Bleies, wenn das Atomgewicht des Metalles 25 angenommen wird, die des Sauerstoffs als Einheit setzt, was dann die Hälfte der Bestimmung durch Ber- st, mufs das Atom des Oxydes $= 3,236 + 0,25 = 3,486$ e bestimmende Zahl hierbei ist $0,5 + 0,25 = 0,75$, dar- Quadratwurzel 0,866 und deren Product mit $0,1875 =$ welches durch 3,486 dividirt 0,0465 für die berechnete he Wärme, wenig abweichend von der beobachteten) oder 0,05, giebt. Die Metalloxyde, welche nach Ber- 1,5 Atom Sauerstoff auf 1 Atom Metall enthalten, ha- h Avogadro 0,75 Atom Sauerstoff auf 1 Atom Metall. i von ihm untersuchten Körpern Genüge zu leisten, re Atome im Zustande der Festigkeit aus $\frac{1}{4}$ Atom Me- $\frac{3}{16}$ Atom Sauerstoff bestehn, wovon blofs die Alaun- e Ausnahme macht, die aus $\frac{1}{2}$ Atom Metall und $\frac{3}{8}$ Atom ff bestehen mufs, um die Erfahrung mit der Theorie in g zu bringen. Das Schwefeleisen soll aus $\frac{1}{2}$ Atom Metall om Schwefel bestehn, das Chlorcalcium und Chlornatrium, i Berzelius aus 2 Atomen Chlor und 1 Atom Metall müfsten 1 Atom Chlor und 1 Atom Metall enthalten '. Die grofse, in diesen Bestimmungen herrschende, fällt von selbst in die Augen; eine allseitige genü- Prüfung der Hypothese dürfte aber auf jeden Fall hier a geeigneten Orte seyn.

b) Eine weitere Ausführung dieses Gegenstandes bezieht zugsweise auf einige Resultate, welche Neumann aus bereits erwähnten Versuchen entnommen hat, und die ier vorausgehen müssen. Dieser Gelehrte[2] ist der Mei-

---

[1] Hierüber vergl. §. 487.

[2] Poggendorff's Ann. XXIII. 32.

Digitized by Google

nung, daſs ein ähnliches Gesetz, als das durch Dulong und Petit für chemisch einfache Körper aufgestellte, auch für chemisch zusammengesetzte existire, sofern es sich um ein ähnliches Verhältniſs zwischen der specifischen Wärme und der stöchiometrischen Quantität handelt. Stöchiometrische Quantitäten heiſsen bei chemisch ähnlich zusammengesetzten oxydirten Körpern, z. B. bei den wasserlosen kohlensauren Salzen, solche Quantitäten, in denen eine gleiche Quantität Sauerstoff vorhanden ist; bei den mit Schwefel verbundenen Körpern ist dann der Schwefel das Maſs der stöchiometrischen Quantität. Andere Verbindungen wurden von ihm noch nicht untersucht, die genannten aber stellt er folgendes Gesetz auf: „*es verhält sich bei chemisch ähnlich zusammengesetzten Stoffen die specifischen Wärmen umgekehrt wie die stöchiometrischen Quantitäten*, oder, was dasselbe ist, *die stöchiometrischen Quantitäten bei chemisch ähnlich zusammengesetzten Stoffen haben gleiche Wärmecapacität.*“ Als Beispiele dienen folgende kohlensaure Salze.

Substanzen	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme ber.	[illegible]
Kalkspath .	$\dot{C}a\ddot{C} = 6{,}32$	0,2044	1,292	0,2057	− [illegible]
Bitterspath .	$\frac{\dot{C}a\ddot{C}+\dot{M}g\ddot{C}}{2} = 5{,}88$	0,2161	1,271	0,2211	− [illegible]
Magnesit-spath . . .	$\frac{7\dot{M}g\ddot{C}+2\dot{F}e\ddot{C}}{9} = 5{,}75$	0,2270	1,305	0,2261	+ [illegible]
Spatheisen-stein . . .	$\dot{F}e\ddot{C} = 7{,}15$	0,1819	1,300	0,1819	[illegible]
Galmei . . .	$\dot{Z}\ddot{C} = 7{,}79$	0,1712	1,335	0,1669	+ [illegible]
Mittelwerth			1,300		

In der stöchiometrischen Quantität ist die Sauerstoffmenge [illegible] angenommen und mit dem Mittel aus dem Producte [illegible] in die beobachtete specifische Wärme = 1,3 ist nach dem angegebenen Gesetze die specifische Wärme berechnet. Die Unterschiede rühren wohl zum Theil daher, daſs die angenommene chemische Zusammensetzung nicht in ganzer Strenge statt findet, indem sich mehr oder weniger beigemengte Substanzen in den Mineralien befinden. Für wasserfreie schwefelsaure Salze dienen folgende Beispiele:

ten	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme berechnet	Unterschied
ath	$\dot{B}a\ddot{S}$=14,58	0,1068	1,557	0,1061	+ 0,0007
. .	$\dot{C}a\ddot{S}$= 8,57	0,1854	1,589	0,1804	+ 0,0050
. .	$\dot{S}r\ddot{S}$=11,48	0,1300	1,492	0,1346	— 0,0046
th	. . . . .		1,546		

unter den von Neumann untersuchten Körpern auch e von Oxyden befindet, bei denen 1 Antheil Metall heil Sauerstoff verbunden ist, so wendet er das Gesetz diese an.

en	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme berechnet	Unterschied
. .	2,58	0,276	0,712	0,270	—0,006
eck-					
yd	13,66	0,049	0,671	0,051	—0,002
.	5,03	0,132	0,664	0,138	—0,006
yd	4,957	0,137	0,680	0,140	—0,003
.	5,36	0,271	0,772	0,196	+0,021
th	. . . . .		0,697		

piele geschwefelter Stoffe, bei denen 1 Theil Metall heil Schwefel verbunden ist, werden folgende zusamlt.

en	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme ber.	Unterschied
. .	14,66	0,052	,762	0,052	0,000
. .	6,71	0,130	0,872	0,113	+0,017
. .	14,95	0,053	0,791	0,051	+0,002
. .	6,04	0,112	0,604	0,125	—0,013
th	. . . . .		0,757		

rsuchte Oxyde, bei denen 2 Antheile Metall auf 3 Anerstoff kommen, geben folgende Resultate.

---

1 Bestimmung der specif. Wärme ist von Lavoisier und

Digitized by Google

Substanzen	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme berechnet	Un
Eisenoxyd .	9,78	0,1640	1,604	0,182	
Mennig . . .	28,89	0,0616	1,779	0,0615	+
Chromoxyd.	10,03	0,1960	1,963	0,177	
Mittelwerth			1,782		

Die überall sich zeigende, sehr genaue Uebereinstim
berechneten und der durch Erfahrung gefundenen We
an der Zulässigkeit des aufgestellten Gesetzes kaum
Neumann verspricht aber, durch weitere Untersuch
ermitteln, ob dasselbe allgemeine Gültigkeit hat oder
men zuläfst.

444) Um die über die Wärmecapacitäten aufgest
setze strenger zu prüfen, unternahm Avogadro[1] d
Bestimmung derselben bei drei einfachen Körpern, de
phor, Arsenik und Iod, und überging hierbei das
so weniger, als auf dieses das Dülong'sche Gesetz n
lius nicht anwendbar sein soll. Beim Phosphor
sich der Methode der Mischung in der Art, dafs
kalten Nacht denselben bis — 8° C. erkalten liefs u
Wasser von 8° C. Temperatur brachte. Aus zwei
suchen erhielt er im Mittel die specifische Wärme
mit Anwendung der früher beschriebenen Methode
für Arsenik 0,081 und für Iod, welches er jedoch zu
dung von Dampfbildung nicht bis zur Siedehitze de
erwärmte, 0,082, durch ein abgeändertes Verfahren
Indem Avogadro mit diesen Bestimmungen die Ato
dieser Körper in Einklang zu bringen sucht, gelangt e
zu dem Resultate, dafs Dülong's Gesetz auch a
pafst, und dafs nicht minder eine Uebereinstimmung
den Atomgewichten dieser und einiger anderer Körper
gefundenen Wärmecapacitäten hervorgeht, allein es
die wirklichen Atome Bruchtheile oder Vielfache derje
fsen seyn, die durch Berzelius bestimmt worden sind.
weiteren Ausführung sucht er ferner zu zeigen, dafs
durch Neumann erhaltenen Bestimmungen, so wie
diesem aufgestellte Gesetz, sehr wohl mit seiner eigne

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LVII. p. 113.

Digitized by Google

monire, und wirklich stimmen auch die von ihm ge-
Gröfsen ziemlich nahe mit den durch Erfahrung er-
überein, allein die Unterschiede sind doch immer noch
als sie billig seyn sollten, um eigentliches Vertrauen
ıfgestellten Hypothese zu erwecken, und aufserdem ist
ung und die Vervielfachung der Atome, sofern diese
hten wieder als einfach Verbindungen eingehn sol-
Voraussetzung, die zuvor einer genauen und eingrei-
üfung bedürfte. Um die Grenze der Uebereinstimmung
den durch Beobachtung und Berechnung gefundenen
genauer zu bezeichnen, möge die eine Reihe der Zu-
llungen dienen.

Substanzen	Specifische Wärme beobachtet	berechnet	Unterschied
urer Kalk	0,2011	0,2058	+0,0047
Eisen	0,1819	0,1818	—0,0001
Zink	0,1712	0,1668	—0,0044
Baryt	0,1078	0,1055	—0,0023
Strontian	0,1445	0,1408	—0,0037
Blei	0,0814	0,0778	—0,0036
Kalk und Magnesia .	0,2161	0,2230	+0,0069
Magnesia und Eisen	0,2270	0,2264	—0,0006

tliche Entscheidung über die Zulässigkeit der Hypo-
's denen überlassen bleiben, die mit der Aufgabe im
nig vertraut sind.

Handelt es sich endlich um eine definitive Feststel-
Verhältnisses zwischen den Wärmecapacitäten und den
hten der Körper, so mufs man sich vorerst wohl
das durch Dulong und Petit aufgestellte *Gesetz*
n, wonach bei einfachen Körpern das Product der
ı Wärmecapacitäten in die Atomgewichte eine con-
se, also $SA = C$ seyn soll, wenn S die specifischen
acitäten, A die Atomgewichte oder die relativen
r Atome bezeichnen und C eine durch die Multipli-
r hervorgehende beständige Gröfse ist. Letztere ist aus
lichen Versuchen, die zur Aufstellung des genannten
Veranlassung gaben, im Mittel $= 0{,}3753$ angenommen
ie könnte auch eine andere seyn, die im Mittel aus der
mme der durch genaue Versuche gefundenen specifi-

Digitized by Google

schen Wärmecapacitäten aller einfacher Körper und ihrer gend festgestellten Atomgewichte hervorginge; es dürften allerdings Abweichungen zeigen, da selten das Resultat eines Versuches für absolut genau gelten kann, allein die terschiede dürften nicht so grofs sein, dafs sie die wahrs lichen Fehlergrenzen überstiegen. Aus den vorausge ausführlicheren Mittheilungen der vorzüglichsten Untersuch dieses Problems geht hervor, dafs dieses Gesetz von vertheidigt wird, zu denen namentlich auch Bardow[1] von anderen aber angefochten. Für die Metalle soll mit Ausnahme des Antimons und Arseniks, gültig sein eigentlich ist auch nur für jene die angegebene bes Gröfse = 0,3753 durch Dulong und Petit festgesetzt

446) Kommen zuerst die *Gase* in Betrachtung, zwar die für die drei einfachen unter ihnen, das Sauer Stickgas und das Wasserstoffgas, von den verschiedenen rimentatoren gefundenen Wärmecapacitäten nicht absolu allein wenn man die grofsen Schwierigkeiten bedenkt denen diese Versuche unterliegen, so darf man wohl weichungen als Folgen unvermeidlicher Beobachtungsfe trachten. Dieses vorausgesetzt geben gleiche Volumina unter gleichem Drucke gleiche Wärmemengen, wie Uebereinstimmung der durch die sorgfältigsten Messu haltenen Resultate hervorgeht, und da ihre Dichtigkei umgekehrt verhalten, wie ihre Volumina, und direct Atomgewichte, so geht das aufgestellte Gesetz hieraus hervor. Dieses ist daher auch die Ansicht von Dela Marcet[2], welche durch ihre neuesten Versuche die bestätigt fanden, dafs gleiche Volumina der einfachen G gleichem Drucke gleiche specifische Wärme haben, minder ist dieses bei solchen zusammengesetzten der Fal ihrer Verbindung das Volumen nicht ändern, z. B. b sphärischer Luft. Auf andere zusammengesetzte Gase namentlich ölerzeugendes Gas und Kohlensäure, lei Gesetz keine Anwendung. Im Ganzen, bemerken dies ten, dürfe man sich nicht auf die Gase allein beschränk

1 Ueber das Verhältnifs d. specif. Wärme zum chem schungsgewicht. Berl. 1838.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXV. p. 113.

Verhältnifs der specifischen Wärmecapacitäten zu den
richten, hauptsächlich mit Rücksicht auf den Aggre-
d der durch sie gebildeten Körper, den gasförmigen,
flüssigen und starren, aufzufinden suche; es sey
der einfachen gasförmigen zu gering, als dafs man
llein ein physikalisches Gesetz bauen könne. Wenn
das Gesetz bei den einfachen Gasen den vorhandenen
en gemäfs als zulässig erscheinen mufs, so darf dabei
rsehn werden, dafs diese sämmtlich den nämlichen
ustand nicht blofs haben, sondern auch, soweit es diese
betrifft, unverändert beibehalten. Ganz anders aber
ch die Sache, wenn solche Körper in Betrachtung
die ihren Aggregatzustand ändern, wie POGGENDORFF[1]
ig bemerkt hat. Zuerst ändert sich namentlich bei
örpern, für welche das Gesetz ursprünglich aufgestellt
erhältnifs ihrer Wärmecapacitäten mit der Tempera-
nd das ihrer Atomgewichte beständig bleibt. Zwei-
haben alle Gase eine gleiche Ausdehnung durch
as aufgefundene Gesetz mufs daher für sie bei allen
ren gültig seyn, wenn es für eine einzige erwiesen
ehung auf starre Körper könnte dieses aber nur statt
enn das Verhältnifs zwischen ihren Dichtigkeiten im
d im gasigen Zusande dasselbe wäre. Dafs Letzteres
Fall sey, beweisen unter andern die specifischen Ge-
s Iods und des Quecksilbers in diesen beiden Zu-
und überhaupt giebt es mehrere einfache Körper,
m Uebergange aus dem starren in den gasigen Aggre-
ihr Volumen auf sehr ungleiche Weise ändern.
RFF hält es aber für entschieden, und darin wird man
allgemein beistimmen, dafs eine Volumenverschie-
t einer entsprechenden Verschiedenheit der specifi-
rmecapacitäten verbunden sey, und dafs daher die
Wärmecapacitäten zweier Körper, die für den gas-
ustand gleich sind, für den starren nur Multipla von
yn können; die Wärmecapacitäten müssen daher für
regatzustände der Körper durch die Erfahrung aufgefun-
einander verglichen werden, können aber den Chemikern
cheres Mittel zur Bestimmung der Atomgewichte dienen.

---

[1] en Annalen Th. XIX. S. 185. Anm.

Digitized by Google

Vor allen Dingen ist erforderlich, die Gröfsen der gewichte möglichst genau festzustellen, eine Aufgabe, d nicht mit absoluter Vollständigkeit gelöst zu seyn Nicht minder wichtig ist eine genaue Bestimmung der schen Wärmecapacitäten, weswegen auch Delarive un cet, deren bedeutende Leistungen in diesem Gebiete gebührendem Beifalle erwähnt worden sind, sich zum Z setzt haben, diese für eine möglichst grofse Menge einfa zusammengesetzter Körper aufzufinden. Dafs nach de bis jetzt in dieser Beziehung geleistet wurde, das dur long und Petit aufgestellte Gesetz für die einfach allerdings gültig sey und zugleich auf eine grofse Z facher fester Körper Anwendung leide, auf andere noch unbekannten Gründen nicht passe, ist bereits e wähnt worden, und wir fügen daher, aufser dem, was lich bei der Mittheilung der einzelnen Versuche erwäh nur noch dasjenige hinzu, was neuerdings durch Ma Delarive[2] in Beziehung auf dieses Problem geschah bestimmten unter andern die Wärmecapacitäten des Selen, Molybdän und Scheel, und fanden ihre Re dem Dülong'schen Gesetze sehr wohl übereinstimmen der Umstand viel beitrug, dafs die gebrauchten S sehr rein waren, weil namentlich die Anwesenheit e nur kleinen Quantität Kohle einen bedeutenden Ein Wie wichtig dieses sey, zeigt unter andern das Kob Dulong und Petit die Wärmecapacität = 0,1498 f sie mit ihrem Gesetze für unvereinbar hielten, statt larive und Marcet 0,1172 erhielten; jene Physike daher das Atomgewicht desselben = 246 annehmen m statt dafs diese dasselbe = 369 bestimmen[3]. Vor all

1 S. Art. *Verwandtschaft.* Bd. IX. S. 1896.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXV. p. 116.

3 Für die Behauptung, dafs weder die Atomgewichte specifischen Wärmecapacitäten bis jetzt mit gehöriger Sic bestimmt sind, zeugt dieses Beispiel. Die Angabe von P Petit = 246 ist die geringste; oben Th. IX. S. 1898 wu genommen, und dann giebt die Multiplication mit der zu mung der specifischen Wärme = 0,1172 sehr annähernd di beider = 0,3469. Delarive und Marcet aber sagen, daf siker das Atomgewicht = 369 oder, was einerlei ist, =

Digitized by Google

specifische Wärme der Kohle mit dem aufgestellten Ge-
icht in Einklang zu bringen, denn sie müfste in diesem
reimal gröfser seyn, als 0,165 und dennoch zeigen die oben
) erwähnten Bemühungen von Delarive und Marcet,
: des Diamant nur 0,1192 beträgt, die möglichen Feh-
r blofs dazu führen können, die Wärmecapacität zu
ern; sie glauben daher, das Atomgewicht der Kohle
ohl unrecht bestimmt seyn, weil man den Kohlenstoff
i seiner einfachsten Gestalt als Gas darzustellen ver-
Nach allem diesen halten sich also die genannten Ge-
für berechtigt anzunehmen: 1) dafs die einfachen und
usammengesetzte Gase bei gleichem Volumen gleiche
apacitäten haben, andere zusammengesetzte aber hier-
reichen; 2) dafs die festen Körper, sobald ihre Wär-
täten nur richtig bestimmt sind, allerdings das Dü-
: Gesetz bestätigen, mit Ausnahme der Kohle, die
keine Weise damit vereinigen läfst, sobald man von
n Bestimmungen ausgeht, die hierüber bis jetzt be-
nd.

) In Beziehung auf zusammengesetzte Körper ist bis-
i zu wenig geschehn, als dafs man wagen dürfte, hier-
emeine Gesetze aufzustellen, wozu ohnehin eine zu
enntnifs des chemischen Verhaltens der verschiedenen
ionen gehört, als dafs ich einen Versuch dieser Art
ürfte, und ich begnüge mich daher nur auf dasjenige
isen, was durch Neumann geleistet (§. 443) und was
an einem andern Orte[1] gesagt worden ist. Auch
r und Marcet sind der Meinung, dafs das Gesetz
Verhältnifs der Wärmecapacitäten zu den Atomge-
zusammengesetzter Körper, hauptsächlich wenn man
verschiedenen Zustand der Gasform, der tropfbaren
t und der Starrheit berücksichtigen wollte, erst noch
werden müsse.

Noch müssen wir mit wenigen Worten einen schätz-
trag zur Lehre der Wärmecapacität erwähnen, wel-
dem Scharfsinne und der experimentellen Fertigkeit

---

dann aber giebt das Product mit 0,1172 die Gröfse 0,4325,
e's Gesetze nicht übereinstimmend.

[1] Art. *Verwandtschaft.* Bd. IX. S. 1941.

Digitized by Google

W. Weber's[1] verdanken. Die Bestimmung der Wärme-
citäten findet bei allen Körpern unter der Bedingung statt,
sich ihr Volumen nicht weiter ändert, als durch die Ung-
heit der bei den Versuchen unnachläfslichen Temperaturen
wendig bedingt ist. Bekanntlich wird aber durch mech
Zusammendrückung der Gase eine bedeutende Temperatur-
hung, wie durch Ausdehnung eine Temperaturvermind
erzeugt; wir haben es indefs angemessen gefunden (§. 41
specifischen Wärmecapacitäten ohne Rücksicht auf die
Volumensveränderung frei oder latent werdende Wärme
tersuchen, weil alsdann mehr Uebereinstimmung in die
gabe gebracht wird und von den durch Volumensänder
zeugten Wärmephänomenen bereits oben (§. 101 fg.)
wurde. Interessant ist aber, dafs nach Weber's
auch bei Metallen, namentlich bei Eisen, Kupfer,
Platin, die von ihm einzeln untersucht wurden, und
nach ohne Zweifel bei allen, die durch Ausdehnung
sammendrückung derselben latent oder frei werdende
eine Folge ihrer Volumensänderung, nicht aber der
ihrer Theile ist. Hierbei ist selbst die durch das
erlangte Gewifsheit der Thatsache von Wichtigkeit;
durch Zusammendrückung fester Körper Wärme
werde, unterlag zwar keinem Zweifel, nicht aber
Weise das Latentwerden derselben durch Ausdehnung,
konnte das Gegentheil aus der Erfahrung gefolgert
ein Metalldraht, wenn man ihn wiederholt bis zum
schnell hin und zurück biegt, an der Bruchstelle
hitzt wird; auch hat Berzelius erwähnt, dafs ein
derharz, wenn man ihn an die Lippe anlegt und
dehnt, warm zu werden scheine, was jedoch beides
der Reibung der Theile ist. Weber's Versuche
völlig entscheidend. Er spannte Saiten aus, bewirkte
sinnreiche Vorrichtungen, dafs sie sich ausdehnten
menzogen, mafs vermittelst der Zahl ihrer Schallschw
die hierdurch gebundene oder frei gewordene Wärme,
dafs von letzterer eine gleiche Menge durch Vermind
Volumens frei, als durch Vermehrung desselben gebund
Da aber in beiden Fällen die Reibung ihrer Theile

1 Poggendorff's Ann. XX. 177.

Digitized by Google

iten durch diese, als gleiche Ursachen, keine entgegen-
Wirkungen, Wärmebindung und Entbindung, und
in beide in gleichen Quantitäten, hervorgebracht wer-
lierdurch ist also nicht blofs der Satz erwiesen, dafs die
nsveränderung fester Körper an sich, so wie die der
Wärme erzeugt und bindet, sondern es können auch bei
Classen von Körpern die specifischen Wärmecapacitäten
stantem Drucke und bei constantem Volumen unter-
i werden.

)) Da man der specifischen Wärmecapacitäten zu man-
ntersuchungen bedarf, so veranlafste dieses schon früh
ellarische Zusammenstellung der gefundenen Bestim-
. Der erste, welcher eine solche Tabelle verfertigte,
RWAN; er gab sie seinem Freunde MAGELLAN[1], und
nachte sie bekannt. WILKE[2] theilt gleichfalls eine Zu-
stellung vieler Bestimmungen mit, allein es sind darin
von ihm selbst gefundenen Werthe enthalten. Voll-
r ist daher die durch TORB. BERGMANN[3] verfertigte
, die, durch BAADER[4] aufgenommen, allgemeinere Be-
haft erhielt. Eine durch viele eigene Versuche ver-
machte GADOLIN[5] bekannt, und da die Zahl der Be-
ngen durch CRAWFORD's spätere Versuche, hauptsäch-
er durch LAVOISIER und LAPLACE bedeutend vermehrt
war, konnten die Tabellen nicht blofs vollständiger, sondern
ächlich auch richtiger werden. Die zahlreichsten und
ollsten Bestimmungen verdanken wir indefs dem jetzigen
nderte, wie aus der gegebenen Uebersicht der wichtigsten
en Leistungen hervorgeht. Die in der alten Auflage
Wörterbuchs enthaltene, aus der ersten Auflage von GREN's
ifs der Naturlehre entnommene, Tabelle ist daher noch
angelhaft, ungleich vollständiger ist die durch MURRAY[6]
nengestellte, von HERSCHEL[7] aufgenommene; die voll-

Essay sur la nouvelle Théorie du feu élémentaire 1780.
Schwed. Abhandl. 1781. Journ. de Phys. T. XXVI. p. 256

Opusc. T. III. p. 434.
Vom Wärmestoff. Wien u. Leipz. 1786. 4.
De theoria caloris corporum specifici. Aboe 1784.
Chemistry. T. I. p. 420.
Encyclopaedia metropolitana. art. Heat. p. 338.

Digitized by Google

ständigste, mir bekannt gewordene, ist die von Baumgart
In der nachfolgenden sind, wie dieses schon vorher zu
schehn pflegte, die Bestimmungen der verschiedenen E
mentatoren neben einander gestellt worden; auch darf kaum b
werden, dafs alle auf Wasser als Einheit bezogen sind.
Bequemlichkeit ist, wie bei allen ähnlichen Tabellen, d
phabetische Ordnung gewählt, und um das Auffinden
leichtern, sind die gasförmigen Körper, die tropfbarflüssi
die starren von einander geschieden.

Gase	Spec. Wärme	Beobachter.
Atmosphärische Luft . .	1,79	Crawford
	0,33	Lavoisier und La
	0,25	Clement und D
	0,2669	Delaroche und
	0,7670	Apjohn
	0,3046	Suerman
	0,2835	
Ammoniakgas	0,4523	Delarive und M
Cyangas	0,1478	Delarive und M
Kohlenoxydgas	0,2884	Delaroche und
	0,2745	Delarive und M
	0,4203	
	0,2736	Apjohn
	0,2750	Dulong
	0,3123	Suerman
Kohlensaures Gas . . .	1,045	Crawford
	0,24	Clement und D
	0,2210	Delaroche und
	0,1751	Marcet und D
	0,2094	Apjohn
	0,2057	Dulong
	0,2124	Suerman
Oelerzeugendes Gas . .	0,4207	Delaroche und
	0,2745	Delarive und M
	0,2140	
	0,4204	Dulong
Salpetersaures Gas . . .	0,0840	Delarive und M

1 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande.
mentband. Wien 1831. S. 1030. Aufserdem finden sich T
Klaproth's und Wolf's chemischem Wörterbuch Th. V. S. 457,
lin's Handbuche d. Chemie Th. I. S. 114 u. s. w.

Digitized by Google

Gase	Spec. Wärme	Beobachter.
tes Gas	0,2094	Delarive und Marcet
offgas	4,749	Crawford
	0,650	Lavoisier und Laplace
	0,2361	Delaroche und Bérard
	0,2422	Delarive und Marcet
	0,1953	Apjohn
	0,2420	Dulong
	0,2750	Suerman
lwasserstoffgas . .	0,2264	Delarive und Marcet
ige Säure	0,1200	Delarive und Marcet
ffgas	0,7930	Crawford
	0,2754	Delaroche und Bérard
	0,2752	Delarive und Marcet
	0,2899	Apjohn
	0,3135	Suerman
oxydul	0,2369	Delaroche und Bérard
	0,1750	Delarive und Marcet
	0,2085	Apjohn
	0,2030	Dulong
	0,2240	Suerman
oxyd	0,2566	Delarive und Marcet
toffgas	21,40	Crawford
	2,40	Clement und Desormes
	3,2936	Delaroche und Bérard
	3,8794	Delarive und Marcet
	5,6629	Apjohn
	3,8793	Dulong
	6,1892	Suerman
ampf	0,8470	Delaroche und Bérard
Flüssigkeiten.		
(1 Th. S. 2,9 Th. W.)	0,649	Kirwan
(1 Th. S. 4,45 Th. W.)	0,649	
. . . . .	1,0860	Kirwan
	0,9300	Irvine
	0,6666	Crawford
	0,6021	
	0,6400	Leslie
(spec. Gew. 0,793)	0,622	Despretz
(— — 0,817)	0,700	Dalton
(— — 0,848)	0,760	
(— — 0,818)	0,4599	Rumford
(— — 0,853)	0,5808	
	0,6320	Delarive und Marcet
ak (spec. Gew. 0,948)	1,03	Dalton
(— — 0,997)	0,708	Kirwan

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Spec. Wärme	Beobachter.
Ammoniak, kohlensaures	0,950	Dalton
Blut, arterielles	1,03	Crawford
venöses	0,8928	Crawford
Brom	0,1350	Delarive und Marc
Essig	0,92	Dalton
	0,970	Mayer
aus Wein	0,387	Kirwan
destillirter	0,1030	Kirwan
Essigsäure	0,66	Dalton
Iod-Kali-Wasserstoff (Faraday's Flüssigkeit)	0,475	Delarive und Marc
Kalilösung	0,75	Dalton
kohlensaure	0,759	Kirwan
Kochsalzlösung (spec. Gew. 1,120)	0,8473	Bischof
(spec. Gew. 1,197)	0,78	Dalton
(1 Th. S. 8 Th. W.)	0,832	Kirwan
(1 Th. S. 10 Th. W.)	0,936	Gadolin
(1 Th. S. 5 Th. W.)	0,868	Gadolin
(1 Th. S. 3,33 Th. W.)	0,8208	Gadolin
(1 Th. S. 2,8 Th. W.)	0,8020	Gadolin
(1 Th. S. 2,66 Th. W.)	0,7930	Gadolin
Leinöl	0,528	Kirwan
	0,570	Mayer
Milch (Kuhmilch)	0,9999	Crawford
	0,98	Dalton
Naphthaöl	0,4152	Rumford
	0,4930	Delarive und Marc
Olivenöl	0,7100	Kirwan
	0,5000	Leslie
	0,4385	Rumford
	0,3096	Lavoisier und Lapl
	0,504	Delarive und Marc
Quecksilber	0,020	Wilke
	0,033	Kirwan
	0,0280	Irvine
	0,0357	Crawford
	0,029	Lavoisier und Lapl
	0,040	Dalton
	0,0469	Dalton
	0,0330	Potter
	0,0330	Dulong und Petit
	0,0330	Neumann
	0,0333	Regnault

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Spec. Wärme	Beobachter.
	0,0318	Delarive und Marcet
	0,0322	Schitko
öl	0,4519	Rumford
sung (1 Th. S. 3 Th. W.) .	0,646	Kirwan
(1 Th. S. 8 Th. W.)	0,8167	Lavoisier und Laplace
ure	0,844	Gadolin
(spec. Gew. 1,2) .	0,76	Dalton
(spec. Gew. 1,3) .	0,68	Dalton
(spec. Gew. 1,3) .	0,62	Leslie
	0,6614	Lavoisier und Laplace
(spec. Gew. 1,355)	0,576	Kirwan
(spec. Gew. 1,36)	0,63	Dalton
(1 Th. S. 9,33 Th. W.) . .	0,6189	Lavoisier und Laplace
(spec. Gewicht 1,122) . .	0,680	Kirwan
pec. Gew. 1,153) .	0,600	Dalton
pec. Gew. 1,152) .	0,735	Ure
pec. Gew. 1,192) .	0,586	Ure
moniak (1 Th. S. 5 Th. W.) .	0,798	Kirwan
lk (spec. Gew. 1,4)	0,620	Dalton
äther	0,550	Delarive und Marcet
pec. Gew. 0,715) .	0,520	Despretz
pec. Gew. 0,872) .	0,462	Despretz
pec. Gew. 0,76) .	0,660	Dalton
pec. Gew. 0,793) .	0,622	Dalton
pec. Gew. 0,817) .	0,700	Dalton
pec. Gew. 0,729) .	0,5433	Rumford
kohlenstoff . .	0,3290	Delarive und Marcet
säure	0,418	Ure
	0,364	Ure
säure-Vitriolöl .	0,350	Irvine
farblose . .	0,758	Kirwan
concentrirte .	0,339	Gadolin
concentrirte .	0,349	Delarive und Marcet
pec. Gew. 1,872) .	0,429	Kirwan
	0,340	Leslie
spec. Gew. 1,844) .	0,350	Dalton
spec. Gew. 1,871) .	0,3346	Lavoisier und Laplace
1 Vol. S. 1 Vol. W.)	0,52	Dalton
4 Th. S. 3 Th. W.)	0,6031	Lavoisier und Laplace
4 Th. S. 5 Th. W.)	0,6631	Lavoisier und Laplace

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Spec. Wärme	Beobachter.
Schwefelsäure (1 Th. S. 0,25 Th. W.) . .	0,442	
(1 Th. S. 0,5 Th. W.) . .	0,500	
(1 Th. S. 1 Th. W.)	0,605	Gadolin
(1 Th. S. 2 Th. W.)	0,749	
(1 Th. S. 5 Th. W.)	0,876	
(1 Th. S. 10 Th. W.) . .	0,925	
Schwefelsaures Ammoniak .	0,9941	Kirwan
Schwefels. Eisen (1 Th. S. 2,5 W.) . .	0,734	Kirwan
Schwefels. Magnesia (1 Th. S. 2 Th. W.) . .	0,844	Kirwan
Schwefels. Natron (1 Th. S. 2,9 Th. W.) .	0,728	Kirwan
(1 Th. S. 6,4 Th. W.) . .	0,905	Gadolin
Spermaceti, geschmolzen .	0,320	Irvine
Spermacetiöl	0,399	Kirwan
	0,500	Crawford
	0,520	Dalton
(spec. Gew. 0,915)	0,597	Ure
	0,513	
Terpentinspiritus . . .	0,472	Kirwan
	0,400	Irvine
	0,462	
	0,3386	Rumford
	0,488	Delarive und M
(spec. Gew. 0,875)	0,545	Ure
	0,472	
	0,4209	Regnault
Wasser	1,000	
Weinsteinlösung (1 Th. S. 337,3 Th. W.)	0,765	Kirwan
Zuckerlösung	1,086	Kirwan
(spec. Gew. 1,17)	0,770	Dalton

Digitized by Google

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
. . . . .	0,1950	Wilke
it	0,1854	Neumann
	0,1690	
n	0,086	Kirwan
	0,063	Wilke
	0,0645	Crawford
	0,06	Dalton
	0,052	Potter
	0,0507	Dulong und Petit
	0,0508	Regnault
	0,0470	Neumann
ige Säure . . .	0,130	Neumann
oxyd	0,220	Kirwan
	0,2272	Crawford
frei von Luft . .	0,1666	Crawford
mholz	0,57	Mayer
t	0,1699	Neumann
. . . . .	0,0814	Regnault
	0,081	Avogadro
xyd	0,126	Gadolin
äure	0,1309	Delarive und Marcet
glasige . . .	0,1320	
ublimat	0,0840	Gadolin
	0,081	Avogadro
. . . . .	0,1923	
von Ulmenholz .	0,1402	Crawford
— Holzkohlen .	0,0909	
— Schmiedekohlen	0,1855	
ohlensaurer . . .	0,1078	Neumann
tall	0,1894	Neumann
lz	0,48	Mayer
holz	0,500	Mayer
tspath	0,2161	Neumann
. . . . .	0,050	Kirwan
	0,0352	Crawford
	0,042	Wilke
	0,04	Dalton
	0,0316	Despretz
	0,0293	Dulong und Petit
	0,0282	Lavoisier und Laplace
	0,032	Potter
	0,0314	Regnault
kohlensaures .	0,0814	Neumann

Digitized by Google

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
Bleiglanz	0,044	Neumann
	0,053	
Bleioxyd, gelbes	0,068	Crawford
rothes	0,059	Gadolin
	0,0623	Lavoisier und La
Bleiweifs	0,067	Gadolin
Blende	0,133	Neumann
Bohnen (Pferdebohnen)	0,502	Crawford
Buchenholz	0,49	Mayer
Cadmium	0,0577	Delarive und Ma
	0,0567	Regnault
Chromoxyd	0,196	Neumann
Cölestin	0,1300	Neumann
Diamantstaub	0,1192	Delarive und Ma
Eichenholz	0,51	Mayer
Eis	0,90	Kirwan
	0,80	Irvine
	0,92	Avogadro
Eisen	0,130	Irvine
	0,145	
	0,125	Kirwan
	0,1269	Crawford
	0,13	Dalton
	0,126	Wilke
	0,1100	Dulong und Pet
	0,1105	Despretz
	0,110	Potter
	0,113	
	0,1138	Regnault
	0,1112	Schitkof
weiches Stabeisen	0,1190	Gadolin
kohlensaures	0,1819	Neumann
Eisenblech	0,1099	Lavoisier und La
Eisenglanz	0,163	Neumann
Eisenoxyd	0,320	Kirwan
Eisenoxydul	0,1666	Crawford
Eisenrost	0,250	Crawford
luftfreier	0,1666	
Erbsen	0,492	Crawford
Eschenholz	0,51	Mayer
Fichtenholz	0,65	Mayer
Fichtensamenstaub	0,50	Crawford
Forlenholz	0,61	Mayer

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
. . . . .	0,1712	Neumann
. . . . .	0,161	Neumann
. . . . .	0,421	Crawford
. . . . .	0,177	Dulong und Petit
	0,1756	Schitko
	0,1977	Regnault
	0,177	Neumann
schwedisches .	0,187	Wilke
Flintglas . . .	0,174	Kirwan
	0,190	Dalton
Kronglas . . .	0,20	Irvine
Krystallglas . .	0,1929	Lavoisier und Laplace
eise	0,110	Rumford
. . . . .	0,05	Wilke
	0,0289	Dulong
	0,046	Potter
	0,034	Potter
	0,0324	Regnault
. . . . .	0,183	Gadolin
. . . . .	0,2168	Neumann
. . . . .	0,1298	Regnault
	0,1255	Despretz
weifses . . .	0,132	Gadolin
mit Graphit .	0,124	Gadolin
astlicher . . .	0,264	Gadolin
. . . . .	0,416	Crawford
. . . . .	0,2631	Crawford
	0,3950	Gadolin
. . . . .	0,082	Avogadro
	0,089	Avogadro
	0,0541	Regnault
nreines . . .	0,0368	Regnault
hlensaures (spec. Gew. 1,3) .	0,2631	Crawford
ender	0,2070	Gadolin
	0,2229	Crawford
	0,2564	Crawford
	0,40	Dalton
	0,2169	Lavoisier und Laplace
hlensaurer . .	0,27	Dalton
	0,2710	Lavoisier und Laplace
. . . . .	0,30	Dalton
it	0,25	Dalton

Digitized by Google

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
Kalkmilch (9 Kalk 16 Wasser)	0,4391	Lavoisier und L
Kalkspath	0,2090	Neumann
	0,1950	
Kiessand	0,190	E. G. Fischer
Kobalt	0,1489	Dalton
	0,1498	Dulong und Pe
	0,1172	Delarive und M
	0,1070	Regnault
	0,1171	
Kochsalz	0,226	Gadolin
	0,23	Dalton
	0,1743	Rudberg
Kohle (von Zucker)	0,1650	Delarive und M
	0,2411	Regnault
Kreide	0,256	Crawford
	0,27	Dalton
Kupfer	0,114	Wilke
	0,1111	Crawford
	0,11	Dalton
	0,096	Potter
	0,0949	Dulong und Pe
	0,095	Marcet und Du
	0,0951	Regnault
weiches	0,0990	Gadolin
gehämmertes	0,0970	Gadolin
Kupferoxyd	0,2272	Crawford
	0,137	Neumann
Lindenholz	0,670	Mayer
Lunge eines Schafes	0,769	Crawford
Magnesia	0,276	Neumann
kohlensaure	0,379	Gadolin
Magnesit, blätterig	0,2270	Neumann
Mangan, unrein	0,1441	Regnault
Mennig	0,0616	Neumann
Messing	0,116	Wilke
	0,1123	Crawford
	0,11	Dalton
	0,0890	Despretz
	0,093	Neumann
	0,0939	Regnault
Mörtel	0,28	Gadolin
	0,2229	Crawford
Molybdän	0,0659	Delarive und M

este Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
	0,102	Neumann
	0,0723	Regnault
isch vom Ochsen	0,74	Crawford
. . . . .	0,100	Dalton
	0,1035	Dulong und Petit
	0,1086	Regnault
nicht geschmolzen	0,1119	Regnault
geschmolzen	0,1163	Regnault
t mit Haaren .	0,787	Crawford
. . . . .	0,0593	Regnault
holz	0,58	Mayer
nholz	0,44	Mayer
. . . . .	0,385	Avogadro
	0,1887	Regnault
. . . . .	0,13	Irvine
	0,0314	Dulong und Petit
	0,0335	Pouillet
Blech . . .	0,0324	Regnault
Schwamm . .	0,0329	Regnault
. . . . .	0,759	Kirwan
Blau	0,300	Gadolin
oxyd, rothes .	0,049	Neumann
	0,0501	Lavoisier und Laplace
. . . . .	0,130	Neumann
. . . . .	0,5060	Crawford
Metall . . .	0,0338	Erman [1]
in	0,1660	Neumann
. . . . .	0,035	Delarive und Marcet
	0,0364	Regnault
len	0,1923	Crawford
. . . . .	0,183	Kirwan
	0,189	Irvine
	0,19	Dalton
	0,2085	Lavoisier und Laplace
	0,188	Dulong und Petit
	0,2026	Regnault
	0,209	Neumann
mon . . .	0,1286	Delarive und Marcet
n	0,1350	Delarive und Marcet
	0,1396	
. . . . .	0,1320	Neumann
ybdän . . .	0,1097	Delarive und Marcet

[1] ndorff's Ann. XX. 290.

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter
Schwefelquecksilber	0,0598	Delarive und
Schwerspath	0,1068	Neumann
Seesalz	0,23	Dalton
Selen	0,0834	Delarive und
	0,0837	Regnault
Silber	0,082	Wilke
	0,08	Dalton
	0,0557	Dulong und Pe
	0,059	Potter
	0,063	
	0,0570	Regnault
Silberglätte	0,049	Gadolin
Spatheisenstein	0,1825	Neumann
Speerkies	0,1332	Neumann
Spiefsglanzerz, grau	0,083	Neumann
	0,092	
Stahl	0,1185	Regnault
	0,1128	Despretz
gehärtet	0,123	Gadolin
weich	0,120	Gadolin
feiner	0,1273	Regnault
Steingut, Erdenwaare	0,119	Kirwan
Steinkohle	0,2777	Crawford
	0,28	Kirwan
(spec. Gew. 1,27)	0,28	Dalton
Strontian, kohlensaurer	0,1445	Neumann
Talkerde, schwefelsaure mit Krystallwasser	0,2906	Rudberg
Tannenholz	0,60	Mayer
Tellur	0,0912	Dulong und P
	0,0516	Regnault
Thon, weifser	0,2410	Gadolin
weifser, gebrannt	0,185	Gadolin
Tungstein	0,0306	Delarive und
Ulmenholz	0,450	Mayer
Uran	0,0619	Regnault
Oxydul	0,106	Neumann
Pecherz	0,106	Neumann
Wachs, weifses	0,45	Gadolin
Weizen	0,4770	Crawford
Wismuth	0,043	Wilke
	0,04	Dalton
	0,0288	Dulong und Pe

Digitized by Google

ste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
	0,033	Potter
	0,039	
	0,0308	Regnault
	0,027	Neumann
. . . . .	0,102	Wilke
	0,0943	Crawford
	0,10	Dalton
	0,0935	Despretz
	0,0927	Dulong und Petit
	0,098	Potter
	0,094	
	0,0956	Regnault
ohlensaures . .	0,1712	Neumann
. . . . .	0,1369	Crawford
	0,132	Neumann
. . . . .	0,090	Neumann
. . . . .	0,0704	Crawford
	0,060	Wilke
	0,07	Dalton
	0,0514	Dulong und Petit
	0,0475	Lavoisier und Laplace
	0,056	Potter
	0,0514	Delarive und Marcet
	0,0562	Regnault
	0,0537	Despretz
englisches . . .	0,0569	Regnault
yd	0,102	Kirwan
. . . . .	0,052	Neumann
. . . . .	0,0990	Crawford
	0,096	Kirwan

Bei allen diesen Bestimmungen ist die *specifische* es *Wassers* als Einheit angenommen, und der Ue- er Tabelle zeigt, wenn wir einige ältere, offenbar de Resultate unbeachtet lassen, dafs unter allen Kör- Wasser die gröfste specifische Wärmecapacität habe, hme des Wasserstoffgases, wovon man aber wegen serordentlich geringen Dichtigkeit nicht leicht eine h grofse Masse vereinigt erhalten kann, um seine, ganze Volumen verbreitete und daher in einem ein- heile der Masse nur geringe, wenn gleich im Ganzen

Digitized by Google

grofse Wärmecapacität wahrzunehmen. Dagegen zeigt sic
starke Wärmecapacität des Wassers in vielen gemeine
scheinungen. Von ihr rührt es her, dafs das Wasser s
les Brennmaterial erfordert und dennoch erst in verh
mäfsig langer Zeit bedeutend heifs wird, dagegen abe
Wärme nur langsam verliert. Siedendes Wasser erzeu
zugsweise Brandwunden, mindestens leichter, als jede
bis zur Siedehitze erwärmte Substanz, namentlich als d
talle, und wenn man in einen erwärmten silbernen Lö
dicin gieſst, so wird diese nicht bedeutend warm, w
auch nur den dritten oder vierten Theil des Metalle
beträgt, wogegen der Löffel bei gleichem Gewichtsver
bedeutend erwärmt wird, wenn man heifses Wasser
gieſst. Aus eben diesem Grunde ist das Wasser sehr
zur *Erwärmung von Treibhäusern*, in die man dasse
zweckmäfsige Vorrichtungen heifs leitet und nach Ab
ner Wärme wieder zurückströmen läfst, wozu Tredgo
zweckmäfsige Anleitung gegeben hat.

5) Latente, gebundene Wärme.

451) Vermöge der verschiedenen Wärmecapacität e
per werden nicht alle durch eine gleiche Menge de
eine oder die andere Weise ihnen zugeführten Wa
gleiche Erhöhung ihrer Temperatur erhalten, immer
wird dieselbe steigen, wie wenig ergiebig auch die
quelle und wie grofs die specifische Wärmecapacität d
per seyn mag, sobald nur das zu ihrer Wahrnehmu
wandte thermoskopische Werkzeug die erforderliche
besitzt, um sie anzuzeigen. Wirkte z. B. auf einen g
Körper eine Wärmequelle auf eine solche Weise, da
ihm nur 1° C. Temperaturerhöhung hervorbrächte, u
sie dann bei einem andern Körper von 20mal gröfsere
mecapacität angewandt, so könnte sie in diesem nur
Temperaturerhöhung erzeugen, die aber auf jeden F
Vorschein kommen mufs, wenn das Thermometer em
genug ist. Beispiele dieser Art giebt es wirklich. Ne

1 Trans. of the horticult. Soc. T. VII. P. IV. p. 568. P
Wiener Zeitschrift Th. VIII. S. 456.

Digitized by Google

ärmecapacität des Quecksilbers = 0,033 gegen Wasser
heit an, so würde die Wärmequelle, welche die Tem-
von 1 Pfund Quecksilber um 1° C. zu erhöhen diente,
n 1 Pfund Wasser nur um 0°,033 C. steigen machen,
kleine Gröfse, dafs ein gewöhnliches, minder empfind-
Thermometer sie nicht anzuzeigen vermöchte. Dennoch
äre diese Temperaturerhöhung wirklich vorhanden und
nsibel, denn erhitzte die Wärmequelle das Quecksilber
C., so würde die Temperatur des Wassers durch sie um
achsen, und wir sind also nach dem Grundsatze, dafs
kung der Ursache proportional sey, auch ohne mögli-
ssung berechtigt zu schliefsen, dafs eine zehnmal, ja
mal schwächere Wärmequelle eine zehnmal und hun-
geringere Erhöhung der Temperatur hervorbringen
Ganz etwas anderes ist es aber mit dem *Latentwerden*
me; denn wenn in diesem Falle auch eine bedeutende
derselben zugeführt wird, so verschwindet sie gänz-
ist durchaus nicht thermoskopisch wahrnehmbar. Man
ergegen einwenden, die zugeführte Wärme verschwin-
wirklich, sondern sey nur wegen ihrer Geringfügig-
der grofsen Wärmecapacität der Körper nicht mefs-
in diese Voraussetzung ist mit den Thatsachen unver-
denn wenn z. B. Schnee und Kochsalz, beide von 0°
ratur, gemischt werden, so geht die Temperatur beider
Körper weit unter 0° C. herab, selbst wenn von der
neren Umgebung stets Wärme zugeführt wird, so
nicht blofs die eigene Wärme beider Körper, son-
die zugeführte latent wird und aufhört, sensibel zu

Das Latentwerden der Wärme läfst sich leicht bei
n Körper, wobei es vorzugsweise statt findet, durch
scheidenden Versuch anschaulich machen. Nimmt
strenger Kälte ein Gefäfs mit Eis, in dessen Mitte
Kugel eines eingefrornen Thermometers befindet, wel-
wollen annehmen, — 10° C. zeigt, und setzt man
r eine Weingeistflamme, so wird das Thermometer
is 0° C. steigen und dadurch das Eindringen der
enntlich machen. Von da an bleibt aber dasselbe,
der fortdauernd einströmenden Wärme, unverändert
hen, so lange die Kugel noch in Eis eingeschlossen

Digitized by Google

ist. Sobald aber der letzte Antheil desselben sich in W verwandelt hat, wird im Verhältnifs der Intensität der W quelle das Thermometer rasch steigen, bis das Wasser d dehitze erreicht, und dann abermals auf diesem Puncte ste ben, ohne von der fortdauernd zuströmenden Wärme zu werden, die im gebildeten Dampfe latent wird. Ei auf beruht die Erhaltung der beiden *festen Puncte* de *mometers*[1].

453) Man mufs sich wundern, dafs diese so oft mende Erscheinung von den älteren Physikern nicht oder wenigstens nicht nach ihrer Wesenheit gewürdig denn man verfertigte bereits seit geraumer Zeit durch dung dieses Mittels übereinstimmende Thermometer, a Begriff der latenten Wärme gehörig aufzufassen. In 1754 bis 1755 liefs DE LUC[2] Wasser mit eingesenkt mometern in Trinkgläsern gefrieren, und als dieses thauete, bemerkte er keine Zunahme der Temperatur, die Kugel des Thermometers vom Eise umgeben w sich eine Vermehrung der Wärme bei dem Eise g als es tief erkaltet in ein warmes Zimmer gebra Hieraus folgerte DE LUC, dafs die Wärme oder d wie man es damals nannte, verschwinde. Am sin arbeitete hierin BLACK[3], und zeigte um dieselbe Zeit Vorlesungen den in dieser Beziehung entscheidenden welcher erst später durch CRAWFORD[4] allgemeine wurde. Er mischte 59,5 Th. Eis und 67,5 Th. Wa Glas aber, worin sich letzteres befand, schätzte er Wasser, so dafs 71,5 heifses Wasser von 190° F. Th. Eis von 32° F. vereint wurden. Nach dem S des Eises zeigte die Mischung 53° F., folglich hatte ser 137° F. verloren, das Eis aber 21° gewonnen, der Rechnung nach die Mischung 118° seyn und da gewonnen haben sollte, mithin mufsten 65° F. ver latent geworden seyn. Ist hiernach die Masse de

1 Vergl. Art. *Thermometer.* Bd. IX. S. 832.

2 Untersuchungen über die Atmosphäre. Th. I. §. 4 Ideen über Meteorol. §. 179.

3 Lectures. T. I. p. 79 u. 504. Vergl. HERSCHEL in met. art. *Heat.* p. 319.

4 On animal Heat. 1788.

Digitized by Google

seine Temperatur = t, seine zu bestimmende Wärme-
tät = c, die Masse des Eises = m′, die gemeinschaft-
Temperatur nach der Mischung = T, so ist die in der
en Masse enthaltene Wärme = (m + m′) cT. Wird
die vom Eise durch seine Schmelzung absorbirte Wärme
men, die seiner Masse proportional ist, so erhält man
n′)cT + m′, und diese mufs der im heifsen Wasser ent-
n gleich seyn. Hiernach hat man

$$(m+m')cT+m'=mct,$$

$$c=\frac{m'}{mt-(m+m')T},$$

r Black's Bestimmungen

$$m=143;\quad t=190-32=158$$
$$m'=119;\quad T=53-32=21$$

$$=\frac{119}{143\times158-262\times21}=\frac{119}{17132}=0°,00694\,\text{F.}$$

ch Centesimalgraden gerechnet 0°,01249 C., welches
80 giebt. In einem andern Versuche vereinigte Black
Gewichte Wasser von 176° F. und Eis von 32° F.,
d, dafs dieses gerade hinreichte, das Eis zu schmelzen,
i also 144° F. oder 80° C. latent wurden. Wie oben
) angegeben worden ist, hatte Wilke wahrscheinlich
ls von diesen Versuchen; er wiederholte dieselben, durch
rde die Sache allgemein bekannt[1], und er galt auch seit-
den Erfinder der Lehre vom latenten Wärmestoff. Nach
lesultaten bestimmte er die Menge der zum Schmelzen
s erforderlichen Wärme auf 72° C., denn wenn er glei-
ssen Schnee von 0° und Wasser von 72° vereinigte,
t die Mischung nicht die mittlere Temperatur beider,
nach Richmann's Regel (§. 375) haben sollte, sondern
auf 0°, und die 72° C. waren also zum Schmelzen des
verwandt worden. Eben dieses Resultat gab folgender
Er setzte zwei gleiche blecherne Gefäfse mit gleichen
, das eine mit Schnee, das andere mit Wasser, beide
C. gefüllt, im nämlichen Augenblicke in siedendes
Sobald das Thermometer im Wassergefäfse 72° zeigte,

---

[1] neue schwed. Abh. 1782. Th. II.

Digitized by Google

nahm er das mit Schnee gefüllte heraus, dessen Therm dann 2° zeigte, aber sofort auf 0° herabsank, als der Antheil des noch vorhandenen Schnees geschmolzen war. ser Versuch dürfte aber gröfsere Genauigkeit erfordern, t weisend zu seyn.

454) Die genaue Bestimmung der Menge von welche im schmelzenden Eise gebunden wird, ist in v Beziehung, hauptsächlich aber für die Anwendung des *lorimeters* (§. 377) sehr wichtig. Wie eben gezeigt, be Black dieselbe zu 80° C., Wilke dagegen zu 72° C.; und de Luc[1] sind geneigt, dem Ersteren beizustimm Allgemeinen aber erhielt die letztere Bestimmung die Anhänger, bis Lavoisier und Laplace[2] das Probl mals untersuchten. Sie fanden durch wiederholte V dafs eine Quantität Wasser von 75° C. gerade hinr eine gleiche Masse Eis zu schmelzen und die Mis 0° C. zu bringen, so dafs also die 75° latent werde Bestimmung ist seitdem allgemein angenommen wor folgt aus ihr, dafs das Eis bei 0° Temperatur 75° verschluckt, um ohne Temperaturvermehrung flüssig zu oder soviel, als hinreichen würde, um eine gleiche Wasser von 0° auf 75° zu bringen, oder um eine gröfsere Masse Wasser von 0° um 1° zu erwärmen. kehrt mufs Wasser, wenn es bei 0° seiner Temperatur eine gleiche Quantität Wärme abgeben, um in Eis zu werden. Auch diese *Entbindung* der Wärme ist Bindung derselben durch Versuche erwiesen. De la setzte Wasser, worüber eine Oelschicht stand, einer K —11°,25 C. aus und fand, dafs das Oel so lange flüs bis alles Wasser in Eis verwandelt war. Bringt ma Zimmer, dessen Temperatur — 16° C. seyn möge, z fäfse, das eine mit Wasser, das andere mit Salzsoo beide von 0° Temperatur, so wird letztere erkalte

---

1 Neue Ideen über die Meteorol. §. 211.

2 Mémoires de l'Acad. de Paris. 1780. Thomson Syste mistry T. I. p. 56 erwähnt, dafs Cavendish schon vor Bla tentwerden der Wärme im schmelzenden Eise entdeckt zu h haupte und ihre Menge = 83°,34 C. annehme.

3 G. LXXI. 435. Bibliothèque univ. T. XIII. p. 76.

Digitized by Google

annehmen bis — 12°, ersteres aber wird zum Theil in
rwandelt werden, ohne seine Temperatur zu ändern; da
ide nothwendig Wärme an die äufsere Umgebung abge-
issen, so folgt hieraus, dafs das in Eis verwandelte
: die nach aufsen abgegebene Wärme frei gemacht und
ı ein Sinken der Temperatur verhindert habe[1]. Ein
er Versuch von Fahrenheit ist folgender[2]. Man lasse
: von beliebiger Temperatur in einem langen schmalen
n einem Zimmer von etwa — 6° C. Wärme ruhig ste-
rkalten, indem dasselbe lose bedeckt und ein Thermo-
hineingesenkt ist. Das Wasser sinkt allmälig bis zur
ratur der Umgebung, also bis — 6° C. herab, allein
Erschüttern des Glases gefriert augenblicklich ein Theil
assers, und der Rest zeigt 0° C. Black mischte 1 Th.
r von 0° C. mit 1 Th. Schnee von — 16°, die also
geben mufsten, und bei dieser Temperatur konnte die
Masse nicht anders als gefroren seyn, allein es war nur
Wassers in Eis verwandelt und das Ganze zeigte 0°.
stimmt vollkommen mit seiner Bestimmung überein;
la das Wasser beim Gefrieren nach seiner Messung 80°
ärme entbindet, so mufsten durch das gebildete Eis

= 16° Wärme frei werden, die also die Temperatur des

es um diese 16° erhöhten. Thomson[3] bemerkt in die-
ziehung, dafs allezeit ein der Temperaturverminderung
tionaler Theil des Wassers in Eis verwandelt werde, al-
: $\frac{1}{5}$, wenn dasselbe bis — 16° erkaltet sey, und man
es daher bis $-5 \times 16 = -80°$ erkalten lassen, wenn
Wasser gefrieren solle. Inzwischen ist es kaum möglich,
enge des gebildeten Eises genau zu bestimmen, und dafs
Messung Täuschungen unterliege, wird unten (§. 499)
t werden. Uebrigens stimmen theoretische Ansichten hier-
ierein; denn man mufs annehmen, dafs bei der Bildung
skrystalle die umgebenden Wassertheile die frei gewor-
Wärme aufnehmen.

55) Weil bei diesen und anderen, demnächst zu erwäh-

Herschel in Encyclop. metrop. Art. *Heat.* p. 319.
Philos. Trans. 1824. N. 382.
Chemistry. T. I. p. 54.

Digitized by Google

nenden Processen die wirklich vorhandene Wärme nicht
thermoskopisch wahrnehmbar ist, so nannte Black sie *la*
andere dagegen nannten sie *Flüssigkeitswärme*, weil sie
schwindet, indem sie den Zustand der Festigkeit in de
Flüssigkeit verwandelt. Die erste Bezeichnung ist für all
scheinungen dieser Art zulässig, die letztere aber ist zu
und würde noch eine zweite für die Dampf- und Gasb
erfordern, weswegen man auch später den ersteren Au
als den allgemeineren beibehalten hat. Die Entdeckung
auffallenden Erscheinungen, die vorzugsweise dazu beit
die verworrenen Begriffe über das Wesen der Wärme o
Feuers, wie man es damals nannte, zu berichtigen, ver
ten sofort auch eine Menge Untersuchungen über die Ar
die Wärme in den Körpern existiren möge. Black
sie *gebunden* und schien hierdurch eine chemische V
gung anzudeuten, wogegen aber Crawford sich erklärte
dessen Ansicht eine solche chemische Bindung nicht a
den kann, weil die blofse Annäherung kälterer K
wieder zu trennen vermag. Dagegen sucht er die U
einer gröfseren *Capacität*, die beim Wasser gröfser s
als beim Eise, und beim Wasserdampfe gröfser, als be
ser; doch geht die Unzulässigkeit dieser Theorie aus d
tersuchungen über die Wärmecapacität der Körper evid
vor[1]. Ehemals, als man noch die permanent elastische
sigkeiten oder die Gase von den nicht permanent ela
den Dämpfen, für wesentlich verschieden hielt, mu
consequent annehmen, dafs die Wärme in den Gasen c
gebunden sey, nicht aber in den Dämpfen, oder im
sofern man dieses als durch Wärme aus dem Eise en
betrachtet. Daher nahm Pictet[2] viererlei Arten von F
freies, specifisches, latentes und chemisch gebundenes;
tente aber soll wieder *Flüssigkeitswärme* und *Vapor*
wärme (Verdampfungswärme) genannt werden, wogeg
Gehler[3] erinnert, dafs man die Wärme, wenn sie s
frei wirksam zeigt, ebenso gut gebunden nennen kö

---

1 Gegen diese Ansicht erklärt sich ausführlich de Luc
Ideen über die Meteorologie. Th. I. §. 115 ff.

2 Versuch über das Feuer. Cap. I.

3 Wörterbuch, a. A. Th. IV. S. 565.

ystallisationswasser. Aus Lavoisier's[1] Zerlegung des s folgerte Achard[2], indem er Wasserdämpfe durch le eiserne Röhren strömen liefs oder glühende Metall- in luftfreiem Wasser ablöschte, dafs aus Dämpfen Luft werde, mithin die Wärme in beiden nicht in einem ich verschiedenen Zustande vorhanden seyn könne; was genwärtig jedoch aus einem andern Gesichtspuncte be-. Joh. Tob. Mayer[3] hatte wohl ohne Zweifel die ten Begriffe von der Sache selbst, obgleich er sich zu ord's Meinung zu neigen schien. Nach seiner Ansicht, ter durch Laplace geistreich dargestellt und durch den sten Calcül unterstützt wurde, sind die Molecüle der von Wärmesphären umgeben, welche der Anziehung dieser le durch ihre Repulsion entgegenwirken. Kommen die- in eine veränderte Lage, wie z. B. die des Wassers bei Entstehung aus dem Eise, so läfst sich annehmen, dafs cifische Elasticität der Wärme dadurch vermindert werde ifs eben die Repulsion der Wärme der Vereinigung der molecüle zu Eis entgegenwirke und sie selbst dadurch Thermometer wahrnehmbar zu seyn aufhöre. Viel- meint er, erweitern sich die Zwischenräume zwischen olecülen, wodurch dann mehr Wärme aufgenommen ohne eine gröfsere Spannung derselben zuzulassen[4], da lmehr blofs in die Zwischenräume eindringt. Auf dem ogenwerden der Wärme durch die Molecüle der Körper nach ihm auch die geringe Wärme des leeren Raumes, r die gröfste besitzen müfste, wenn der Wärmestoff in läumen von gleicher Temperatur in gleicher Quantität den wäre; vielmehr wachse diese Quantität im Verhält- r Anziehung der individuellen Molecüle der Körper ge- n Wärmestoff. Diese eigenthümliche Anziehung will er lurch Capacität ausgedrückt haben und nähert sich auf Weise der Meinung Crawford's, allein der Begriff der

---

Opusc. phys. et chym. 1783. T. III.

Crell's chem. Ann. 1785. St. 4, 5, 6.

Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Er- 1791.

Das geringere spec. Gewicht des Eises kann hiergegen keinen f bilden, denn das Eis hat krystallinisches Gefüge.

Digitized by Google

Wärmecapacität ist einmal festgesetzt, das Verhalten der Kö
in dieser Beziehung ist verschieden von dem, welches sie
Latentwerden der Wärme zeigen, und es läfst sich kein G
angeben, warum man die im letzteren Falle verschwind
thermoskopisch nicht mehr wahrnehmbare Wärme nicht
oder gebunden nennen sollte. Ob diese Bindung eine gleich
als diejenige, welche sich bei chemischen Verbindungen zeig
sämmtlich auf Anziehungen beruhn, darüber etwas auszum
würde offenbar zu einem Wortstreite führen. Minder bestimm
klar ist Gren[1], welcher einen *unmerkbaren* Wärmestoff (
insensibilis) annimmt, den er wieder in einen *adhärir*
und *chemisch gebundenen* abtheilt. In den Dämpfen u
Wasser soll derselbe blofs adhärirend seyn, weil er durch
Annäherung kalter Körper wieder entzogen wird, in de
manent elastischen Gasarten aber chemisch gebunden;
man wird schwerlich geneigt seyn, die vom Entdecker
mäfsig gewählte Bezeichnung mit dieser neuen zu verta
und die nicht einmal streng begründete Permanenz
kann die Nothwendigkeit eines solchen Unterschieds
Bezeichnung nicht herbeiführen. Die Einwendungen
welche de Soyecourt[2] gegen die Versuche von Blac
Wilke gemacht hat, wonach er die ganze Sache b
oder die Menge der gebundenen Wärme bedeutend he
werden am besten mit Stillschweigen übergangen.

456) Nicht blofs das Eis hat die Eigenschaft, bei sein
wandlung in Wasser Wärme zu binden und umgekehrt be
Entstehung frei zu machen, sondern wahrscheinlich findet
wo nicht bei allen, doch bei den meisten Körpern statt,
auch in einem geringeren Grade; aber nur bei verhältnifs
wenigen ist diese Thatsache durch Versuche constat
die Menge der frei oder latent werdenden Wärme ge
mittelt. Schon der ältere Irvine[3] will dieses Verhal
Spermaceti und Wachs beobachtet haben, der jüngere L

1 Grundrifs d. Naturlehre 1793. §. 726. System. Handb.
mie Th. I §. 210.

2 Mém. sur les expériences données en preuve de la
latente. Par. 1787. Journ. de Phys. T. XXXII. p. 143. G
Mag. Th. VI. St. 2. S. 131.

3 Chemical Essays.

4 Nicholson's Journ. T. IX. p. 45. G. XXXVIII. 305.

m Zinn, Wismuth, Blei, Zink und Schwefel; allein es t wohl glaublich, dafs die von ihnen gefundenen Men- entbundenen Wärme, welche insgesammt die des Ei- treffen, für genau zu halten sind. Vorzugsweise zeigt Phänomen bei allen aus ihren Lösungen schnell kry- nden Salzen, wie schon aus der Aehnlichkeit dieses s mit der Eisbildung wahrscheinlich wird. Wenn man bekannten Versuche[1] 51 Th. krystallisirtes Glaubersalz h. Wasser gelöst in einem Medicinglase bis zum völ- eden bringt, dann schnell verkorkt, um ein Vacuum ten, nach dem Erkalten eröffnet und die Kugel eines Thermometers hineinsenkt, so wird die gesammte Masse lie Berührung mit der Thermometerkugel schnell kry- n, und das Thermometer zeigt Entbindung der Wärme, auch durch das Gefühl wahrnimmt. Scholz[2] erzählt auffallendes Beispiel der Wärmeentbindung, welches der unverdächtigen Glaubhaftigkeit des Beobachters Er- g verdient. Er stellte ein Gefäfs mit Lauge von salz- Kalk, die bis zum Krystallisationspuncte abgedampft im Krystallisiren im Winter vor das Fenster. Als nach kalten dieses nicht erfolgte, nahm er die Schale herein, Lauge noch weiter abzudampfen, allein durch die Er- ung begann sie sogleich zu krystallisiren, und die Schale dadurch so heifs, dafs er sie kaum halten konnte und en Tisch setzen mufste. Dabei bewegte die Lauge sich und wallte auf, als wenn sie siedete.

s Latentwerden der Wärme und ihre Erzeugung zeigt er nicht blofs beim Processe des Krystallisirens, sondern nn allgemein sagen, dafs Wärme gebunden wird, wenn aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren keit übergehn, und dafs umgekehrt Wärme zum Vor- kommt, wenn tropfbar-flüssige Körper fest werden. ani[3] umwickelte eine Thermometerkugel mit Stanniol chte sie in Quecksilber, wodurch das Thermometer zum

---

Boyle Exper. Physico-mech. Cont. II. art. XI. exp. 2. p. 330.
ssac in Schweigger's Journ. IX. 70. XV. 157 u. 231.
Anfangsgründe der Physik. 3te Aufl. Wien 1827. S. 461.
Opusc. fisico-chem. p. 81.

Digitized by Google

fällt, der bewegliche dagegen bei Pb^3. Bi^4. zu fehlen sch
Legirungen von Zink und Wismuth haben den festen P
bei 251°, diejenige Verbindung aber, wo der sich bei
zeigende bewegliche Punct wegfällt, wurde nicht aufgefu
Rudberg entnimmt hieraus die interessante Folgerung, dafs
dem einen Metalle und einem Theile des andern nach einfa
Atomenverhältnissen eine innige Verbindung gebildet wird,
er *chemische Legirung* nennt, der Ueberschufs des einen
talles bleibt dann mit der chemischen Legirung mechanisch
mengt. Ist die Verbindung der Metalle so, dafs nur die
mische Legirung entsteht, so wird bei ihrer Erstarrung d
tente Wärme frei, und dieses giebt den einfach vorhand
festen Stillstandspunct; ist aber vom andern Metalle ein Ü
schufs vorhanden, so tritt durch die Erstarrung desselb
bewegliche Stilltstandspunct ein[1], obgleich das erstarte M
in der noch flüssigen chemischen Legirung verbreitet ist.
Legirungen aus Blei, Zinn und Wismuth fällt der feste
standspunct allezeit auf 98°, übrigens aber scheinen
Legirungen gleichfalls einen festen und zwei beweglich
standspuncte zu haben, was aber noch nicht genügend
sucht worden ist.

458) Wenn nun aus dem Gesagten unzweifelhaft h
geht, dafs die genannten leichtflüssigen Metalle sowohl e
als auch mit einander vereint beim Uebergange in den Fl
keitszustand Wärme binden und umgekehrt beim Erstarre
machen, so mufste sehr daran liegen, die Gröfse der bei
latent und wieder frei werdenden Wärme wenigstens annä
eben so genau zu bestimmen, als dieses beim Eise ge
ist. Rudberg suchte auch diese Frage zu beantworten,
schien ihm aber die früher von Black, Irvine und A
befolgte Methode der Mischung mit Wasser durchaus un
gend; weil aufser den durch die Dampfbildung des W
entstehenden Schwierigkeiten drei Antheile der Wärme er
werden, die der Metalle bis zum Puncte der Erstarrung
beim Gestehen frei werdende latente, und die dann noch
handene bis zum Puncte der gemeinschaftlichen Tem

1 Es versteht sich, dafs der bewegliche Stillstandspunct
höher liegt, als der feste, weil alle einzelne Metalle streng-flü
sind, als ihre Legirungen. §. 510.

lrei man nicht von einander zu trennen vermag.
verwarf daher diese ältere Methode, und wählte die
hlung[1]. Hierbei liefs er das zu untersuchende Metall
derjenigen Temperatur, bei welcher die Erstarrung
um 10° C. erkalten, verglich die hierzu erforderliche
derjenigen, welche der nämliche, mit Quecksilber ge-
egel in der nämlichen Umgebung für das Erkalten um
) Grade bedurfte, und so gab die Vergleichung beider
das Erstarren frei gewordene, vorher latente Wärme,
ecifische Wärme des Quecksilbers, selbst in höheren
urch Dulong und Petit bekannt, mithin sein wirk-
ärmeverlust meſsbar ist. Heifst die Masse des Queck-
, dessen Wärmecapacität für die erforderliche Tempe-
o ist sein Wärmeverlust durch die Abkühlung um 10
10 m c′; heifst ferner die Masse des erkaltenden Me-
lessen latente Wärme L und seine Wärmecapacität für
erliche Temperatur C, so ist sein gesammter Wärme-
M (L + 10 C). Heifst endlich die Zeit des Erkal-
Tiegels mit Quecksilber t, mit dem Metalle T, so
n

$$M(L+10C) : 10\,m\,c' = T : t$$

Rücksicht auf den Tiegel, dessen Masse μ und Wär-
ät c″ heifsen möge,

$$(L+10C) + 10\,\mu\,c'' : 10\,(m\,c' + \mu\,c'') = T : t,$$

---

der Wichtigkeit des vorliegenden Problems wird es erlaubt
endes zu bemerken. Auch die Methode der Abkühlung, wie
Rudberg angewandt wurde, ist für alle Körper unzulässig,
nelzpunct höher liegt, als der Siedepunct des Quecksilbers,
ılich aber liefse sich die Frage durch die Methode der Mi-
auch bei diesen mit ziemlicher Genauigkeit beantworten.
voraussetzen, dafs sich auch die höheren Temperaturen durch
elektrischen Apparate (Bd. IX. S. 998 ff.) genau messen
darf man nur nach der Analogie des beim Eise mit so
ichtigkeit in Anwendung gebrachten Verfahrens den Schmelz-
zu untersuchenden Metalles genau ermitteln, dann dasselbe
tem Puncte erhitzen und von demselben geschmolzenen und
ıer weit höheren Temperatur erhitzten Metalle so viel hin-
bis das noch starre Metall geschmolzen ist, um aus beider
ad Temperaturen die latent gewordene Wärmemenge zu

Digitized by Google

woraus

$$L = \frac{10\,(m\,c + \mu\,c'')\,T}{M\,t} - 10\,(C + \frac{\mu}{M}\,c'')$$

gefunden wird. Da der Werth von c'' nur klein ist und hin in der Formel sowohl additiv, sls auch subtractiv vo so kann man diese Gröfse füglich vernachlässigen und dann einfacher:

$$L = 10\,.\,c'\,\frac{m\,T}{M\,t} - 10\,.\,C.$$

Rudberg findet aus den Versuchen von Dulong und Pe Quecksilber $10\,c' = 0{,}365$, d. h. dieses Metall giebt den Erkalten von 230° bis 220° so viel Wärme ab, als es sein würde, 0,365 seines Gewichts um 1° C. zu erwär Wärmecapacität des Zinns ist nach den genannten 0,0514, und wenn man die Zunahme derselben in höh peraturen der des Quecksilbers gleich annimmt, so $10\,C = 0{,}586$. Werden diese Werthe in der Formel worin $T = 560$ Sec., $t = 24{,}5$ Sec., $M = 252{,}97$ und Gramm beträgt, so findet man

$$L = 13{,}314.$$

Für Blei ist $T = 171$ Sec., $t = 12$ Sec., $M = 372{,}05$ $10\,c' = 0{,}385$ und $10\,C = 0{,}352$, mithin

$$L = 5{,}858.$$

Es ergiebt sich zugleich, dafs bei dieser Methode nic der Stand des Thermometers, sondern insbesondere a kurze Zeit der Erkaltung des Quecksilbers scharf b werden mufs, weil ein kleiner Fehler in der Bestimm t merkliche Unrichtigkeiten in dem Werthe von L be

Stellen wir hiernach die bis jetzt aufgefundenen mungen der latenten Wärme fester und tropfbar-flüssig per zusammen, die allerdings von sehr ungleichem We so erhalten wir folgende Uebersicht.

Digitized by Google

stanzen	Latente Wärme absolute	relative	Beobachter.
. . . . .	75,000	1,0000	Lavoisier und Laplace
	80,000	1,0000	Black
	72,000	1,0000	Wilke
i	80,555	1,0740	Irvine sen.
Wachs . . .	87,222	1,1629	Irvine sen.
. . . . .	277,777	3,7030	Irvine jun.
	13,314	0,1775	Rudberg
. . . . .	305,555	3,2740	Irvine jun.
. . . . .	90,000	1,2000	Irvine jun.
	5,858	0,0781	Rudberg
. . . . .	273,888	3,6518	Irvine jun.
. . . . .	79,777	1,0637	Irvine jun.
er	86,666	1,1555	Hassenfratz

den meisten Körpern kann man auf einfache Weise en, dafs sie beim Uebergange aus dem festen in den flüssigen Zustand Wärme binden, namentlich bei den die verhältnifsmäfsig gute Wärmeleiter sind. Werden zt, und darf man voraussetzen, dafs sie in ihrer gan- eine gleichmäfsige Wärme haben, so müfsten sie bei em Schmelzen sofort gänzlich flüssig werden; dagegen ahrt man, dafs es eine geraume Zeit dauert, bis die ntheile geschmolzen sind, auf jeden Fall eine längere, lert wird, um die Wärme in das Innere der nicht ge- en Massen fortzuleiten. Man könnte bei Anwendung stanten Wärmequelle aus der Zeit zwischen der be- bis zur vollendeten Schmelzung mindestens annä- Quantität der latenten Wärme bestimmen.

Die grofse Wärmecapacität des Wassers ist in der n bedeutendsten Einflusse; denn bei der überwiegen- ge dieser überall vorhandenen Flüssigkeit vermag sie gte zu grofse Hitze zu mildern und die zu strenge mäfsigen, indem sie eine so grofse Menge der erzeug- ne aufnimmt und bei Verminderung der Temperatur giebt, worauf die verhältnifsmäfsig geringere Veränder- es Insel- und Küsten-Klimas beruhet; noch ungleich aber ist der Einfluss der latenten und wieder frei n Wärme beim Schmelzen und Entstehen des Eises. s Wasser durch eine auf 0° C. herabgehende Tempe-

ratur ohne Abgabe seiner latenten Wärme gefröre, so wü
sofort alle Flüsse und Teiche bei der ersten eintretenden
unter 0° C. herabgehenden Kälte in Eis verwandelt w
und Wasser wäre nur durch künstliche Heizmittel zu erh
Indem aber das gefrierende Wasser bei seiner Verwandlu
Eis so viel latente Wärme abgiebt, als hinreicht, eine
so grofse Menge um 1° C. zu erwärmen, so gefriert allerd
ein kleiner Theil, während der bei weitem gröfsere
gewordene Wärme aufnimmt; die erzeugte Eisdecke ist
dem ein schlechter Leiter, durch den die frei gewordene W
nicht leicht dringt, und so überschreitet die Dicke des
unter mittleren Breiten nie 1 bis 3 Fufs, unter höheren
bis 6 und in den kältesten Regionen der Erde nie 10
Fufs, tiefere Landseen können aber nicht bis auf den
gefrieren. Ein entgegengesetzter grofser Nutzen zeigt sich
Zergehen des Eises. Würde hierbei nicht eine so grofse
Wärme gebunden, so müfste beim Uebergange der Te
über den Nullpunct sofort die gesammte vorhandene
Eis und Schnee in Wasser verwandelt werden und
barsten Ueberschwemmungen anrichten, kurz ohne
Wärme des Wassers würde die Erde bei den ihr eig
chen Temperaturverhältnissen ganz unbewohnbar
ihr macht man auch technischen Gebrauch. Die Land
stellen im Frühjahr zum Schutze gegen die Nachtfröste
mit Wasser unter die Bäume und führen Strohseile
Zweigen in das Wasser herab, indem sie behaupten,
ser ziehe die Kälte an; ebenso stellen sie in nicht tie
lern solche Gefäfse aus gleichem Grunde neben die K
Die Erfahrung des hierdurch gewährten Schutzes ist richt
die Erklärung falsch; denn da es keine Kälte als eig
chen Stoff giebt, so kann sie auch nicht abgeleitet w
gegen entbindet das Wasser bei seiner Verwandlung
eine bedeutende Menge Wärme, welche die in
befindlichen Gegenstände nicht so weit unter 0° C.
läfst, als zum Gefrieren derselben erforderlich ist; die
dienen aber nicht als Ableiter, sondern sie machen
minder beweglich, wenn kein Wind herrscht, und hi
durch das Fortführen des in der Nähe des Wassers
Theiles.

460) Eine weit gröfsere Menge Wärme wird late

: Flüssigkeiten in Dampfform übergehn, als wenn feste flüssig werden, und auch hierbei zeigt sich, dafs der ampf die gröfste Quantität latenter Wärme besitzt. ler Analogie nach müfsten wir schliefsen, dafs beim ıge des Dampfes zur Form tropfbarer Flüssigkeit eine Wärmemenge wieder frei wird, als welche vorher gewurde. Hiernach gelten folgende allgemeine *Gesetze:* : Körper binden Wärme, wenn sie in den tropfbar- Zustand übergehen; 2) tropfbare Flüssigkeiten geben nte Wärme ab, wenn sie fest werden; 3) eben dieselden eine noch weit gröfsere Menge von Wärme, um ıpfform anzunehmen; 4) die Dämpfe aber geben ihre Wärme wieder ab, wenn sie in den Zustand der tropfüssigkeit zurückkehren. Auf den beiden letzteren Sätzen die *latente Wärme* der Dämpfe und ihr Unterschied *sensibeln* derselben, worüber indefs das Nöthige bereits vorden ist[1], und die etwa hinzugekommenen Nachträge sich daher am besten für die im folgenden Abschnitte lenden Untersuchungen über die Dampfbildung. Bei der Aehnlichkeit zwischen Dämpfen und *Gasen* ist wohl ı bezweifeln, dafs auch in den letzteren latente Wärme a ist, die bei ihrem Uebergange zur Form tropfbarer teiten oder fester Körper wieder frei wird; auch berechtie Menge Erscheinungen zu dieser Annahme[2], allein eigentröfsenbestimmungen sind hierüber noch nicht vorhanden. erden Körper, welche beim Uebergange in den Zuer Flüssigkeit oder aus diesem in Dampfform Wärme machen, solchen Bedingungen ausgesetzt, wodurch Formveränderung ohne äufseren Wärmezufluſs einso erkalten sie nicht blofs selbst, sondern entziehen en umgebenden Gegenständen Wärme, und zwar um so ihr, je rascher diese Veränderung erfolgt. Dieses wurde blofs schon in älteren Zeiten wahrgenommen, sondern nutzte auch dieses Mittel häufig zur Erzeugung *künstKälte*, wie man dieses nannte. Um beide Verfahrungsu trennen, möge hier zuerst von dem Uebergange fester in den Flüssigkeitszustand die Rede seyn.

---

1. S. Art. *Dampf, latente Wärme* desselben. Bd. II. S. 287 ff.
2. Vergl. Art. *Gas, Wesen der Gasform.* Bd. IV. S. 1048.

Digitized by Google

461) Das einfachste Verfahren besteht darin, dafs man oder mehrere feste Körper in einer geeigneten Flüssigkeit Reaumur[1] bemerkte, dafs 1 Pfund Kochsalz in 3 bis 4 ten Wasser geschüttet dessen Temperatur um 5° bis 7 herabsinken mache, ja es giebt noch weit ältere, wegen mangelnder Thermometer nicht genau gemessene Versuche Art von R. Boyle[2], welcher die Verminderung der Tem durch die Auflösung des Salmiaks in Wasser wahrnahm u weit stärkere durch die Auflösung des Schnees oder Eises in oder durch Zusatz von Salzen entstehn sah. Dieser Gelehrte erlernte durch Erfahrung, was nach den Gesetz latenten Wärme, an die man damals noch nicht dachte, wendig folgt. Schnee und Eis binden zwar beim Ue in den tropfbar-flüssigen Zustand eine Menge Wärme, können ebenso wenig, als alle andere Körper, namentl stallisirte Salze, durch blofses Schmelzen eine Tempe minderung hervorbringen, weil sie sich nicht selbst Zergehn erforderliche Wärme entziehen können, w Schnee die Fixität des Schmelzpunctes beruhet. B dagegen Wasser zu krystallisirten, ihres Krystallisat noch nicht beraubten Salzen, so zergehn sie und b durch in Folge der latent werdenden Wärme, die Umgebungen entziehn, Kälte hervor, die jedoch n herabgehn kann, als bis zu dem Puncte, bei welchem aus der gegebenen Lösung krystallisiren würden, diesen Punct aber aus leicht begreiflichen Gründen nie wirk reicht. Salzwasser mit Schnee vereint befördert dag Zerfliefsen und erzeugt Kälte, noch mehr geschieht dies verdünnte Säuren, welche auch mit sonstigen krystallisir zen bedeutende Kälte hervorbringen. Vereinigt man zw mehrere Körper, welche durch diese Verbindung zur tr Flüssigkeit übergehn, so mufs dadurch noch mehr Wä bunden werden, und zwar in zunehmender Progression stärker, je schneller die Auflösung erfolgt. Das ganze kommt also einfach darauf hinaus, diejenigen Körper a den, welche die für den jedesmaligen Zweck erfo Kälte am leichtesten erzeugen, und die Untersuchung d

1 Mémoires de l'Acad. 1734.

2 Hist. experimentalis de frigore. Lond. 1665. 4. Philos. Tra

eschränken, dasjenige nachzuweisen, was in dieser Be-
bisher geleistet worden ist.

lreiche Versuche dieser Art wurden im vorigen Jahr-
und zwar schon in der ersten Hälfte desselben, ange-
REAUMUR[1] brachte sein Weingeistthermometer durch 4
geschabtes Eis mit 2 Theilen Kochsalz auf — 15°;
und Salpeter brachten dasselbe auf — 13° und —
insalz aber auf — 17°. FAHRENHEIT[2] schmolz Schnee
rdünnte Salpetersäure, die beide vorher stark erkältet
nd brachte dadurch sein Thermometer auf — 40° F.;
nd KRAFT[3], nachher BRAUN allein, brachten durch
ittel hohe, aber wegen des gebrauchten Quecksilber-
eters nicht genau gemessene, Grade der Kälte hervor,
das Quecksilber gefror. Die noch stärkere Wirksam-
verdünnten Schwefelsäure prüfte vorzüglich I. Mc.
nd brachte dadurch das Quecksilber gleichfalls zum
, wobei jedoch wohl zu berücksichtigen ist, dafs ihm
se natürliche Kälte der Hudsonsbay ebenso, wie den
kern zu Petersburg die daselbst herrschende zu statten
AB[5] fand die verdünnte Schwefelsäure mit Schnee am
sten, demnächst rauchende Salpetersäure, weniger Koch-
l Salmiak, am wenigsten Salpeter. Concentrirte Salpe-
erzeugt mit Schnee verbunden anfangs Wärme, noch
ncentrirte Schwefelsäure, weil das zuerst aus dem Schnee
mmene Wasser stark gebunden wird; sobald aber die
rdünnte Säure ein rasches Schmelzen des Schnees be-
wird Wärme in grofser Menge gebunden. Auch der
ist bewirkt ein rasches Schmelzen des Eises[6], ebenso

---

[1] Mémoires de l'Acad. 1734. Viele noch ältere Beobachtungen
CIGNA in Miscellanea Taurinensia. T. II. p. 143.

[2] BOERHAVE Elem. Chym. de Igne Exp. IV. Coroll. 3.

[3] Nov. Comm. Soc. Pet. T. X. p. 268.

[4] Philos. Trans. T. LXXVI. p. 421.

[5] An account of experiments made by Mr. J. Mc. NAB at Henley
Hudsons Bay. By HENRY CAVENDISH. Lond. 1786. 4.

[6] Dieses wurde neuerdings vorzüglich durch TRALLES wahrgenom-
elcher mit Alkohol und Schnee, beide bis 0° C. erkaltet, eine
n — 30° C. hervorbrachte, und wenn der Alkohol sehr rein
lbst bis — 36°,8. G. XXXVIII. 365. Einer Auflösung des
in Alkohol bediente sich auch PARRY auf der Insel Melville,
ohnehin enorme äufsere Kälte noch mehr zu verstärken. S. §. 506.

Digitized by Google

Salmiakgeist und alkalische Lösungen, worüber früher eine
Versuche angestellt worden sind, so wie mit Oelen und
stigen Flüssigkeiten durch Geoffroy[1] und Musschenbr
deren Resultate man auch ohne dieses Mittel aus dem V
ten dieser Flüssigkeiten gegen das Wasser hätte best
können. Am bekanntesten sind unter den älteren Ver
diejenigen, welche Richard Walker[3] bekannt gemac
wonach unter allen Mischungen die aus 2 Th. rauchende
petersäure mit 1 Th. Wasser und 4 Th. pulverisirtem Gl
salze, wozu dann noch 3,5 Th. gepulverter Salpetersalmi
schüttet werden, die gröfste Kälte erzeugen soll. Wa
Salze recht durchsichtig und gut gepulvert, so brachten
Thermometer von 0° auf — 28° C. Insbesondere besch
sich auch Lowitz[4] viel mit Untersuchungen dieser A
brachte durch Schnee mit krystallisirtem ätzenden Ka
Quecksilber selbst im warmen Zimmer zum Gefrieren. Wa
erreichte eben dieses im Sommer und selbst ohne Schn
nahm dazu ein Gemisch aus 2 Th. rauchender Sal
1 Th. Schwefelsäure und 1 Th. Wasser, erkältete diese
ner kaltmachenden Mischung bis — 34° C., gofs es auf
risirtes, gleichfalls bis — 25° C. abgekühltes Glauber
als das Thermometer hierin bis — 47°,78 C. herabsank
er eine Glaskugel, die bis ¾ mit Quecksilber gefüllt wa
ein, worauf das Metall sofort gefror. Zu gewöhnlichen
tungsversuchen empfiehlt Walker[7] gleiche Theile Salm
Salpeter mit reinem Wasser; sie erzeugen, in hinlä
Quantität angewandt, leicht eine zur Eisbildung ge
Kälte, und gewähren den Vortheil, dafs man durch Ab
die Salze zu neuem Gebrauche wieder gewinnt. Bei

---

1 Mém. de l'Acad. 1727 u. 1728.

2 Tentam. Acad. del Cimento. Lugd. Bat. 1731. 4.

3 Phil. Trans. T. LXXVII. p. 282. T. LXXVIII. p. 277. Gren's Journ. d. Phys. Th. I. S. 419.

4 Crell's chem. Ann. 1793. Th. I. S. 352.

5 Philos. Trans. T. LXXIX. P. II. p. 199; daraus in Journ. d. Phys. Bd. II. S. 358. S. dessen Neues Journ. Bd. II.

6 Letztere Angabe kann auf jeden Fall nicht richtig sey tiefer ist, als der Gefrierpunct des Quecksilbers. S. §. 504. sache liegt in der Zusammenziehung des Quecksilbers.

7 Philos. Mag. New Ser. N. III. p. 401. N. IV. p. 11. Philos. Trans. 1801. p. 123.

en wandte er gleichfalls den salzsauren Kalk an, wel-
bereitete, indem er Salzsäure mit 3 Th. Wasser ver-
dann mit Kreidepulver sättigte, abklärte und zur dün-
upsdicke von 1,45 spec. Gewicht abdampfte, worauf die
isation bei 0° Temperatur erfolgte. Hiermit erhielt er
Resultate, indem er die kaltmachenden Substanzen vor-
r oder minder tief erkältete:

salzs. Kalk, 2 Th. Schnee bei 0° gaben — 45,°5 C.
— — , 1 — — — —17,5 — 54,0 —
— — , 1 — — — —40,0 — 58,0 —

der salzsaure Kalk bei Temperaturen über 0° C. berei-
mufste er bis 1,49 spec. Gewicht eingedickt werden.
hem erzeugte er folgende Kältegrade:

alzs. Kalk, 4 Th. Eispulver bei 0° gaben — 40°,5 C.
— — , 3 — — — — 6,5 — 44,0 —
— — , 3 — — — —12,0 — 47,5 —
— — , 2 — — — —26,0 — 55,5 —

sser zu gewöhnlichen Versuchen bequem gefrieren zu
empfiehlt Walker[1] einen sehr zweckmäfsigen Appa-
eser besteht aus einem weiten cylindrischen zinnernen
mit dicken Wandungen, worein ein anderes gleich hohes
nen Wandungen gesetzt wird. Dieses besteht aus zwei
enen concentrischen hohlen Cylindern, deren Zwischenraum
sser oder die zu erkältende Substanz ausfüllt, die somit
en Seiten von der kaltmachenden Mischung eingeschlos-
womit man das äufsere Gefäfs und den innern Cylinder
Hierzu empfiehlt er gleiche Theile gepulverten Salmiak
eter, die mit Wasser von 10° C. gemischt —12° C. erzeugen.
ner ist folgende Mischung: 3 Unzen Salmiak; 3 Unzen Sal-
sammen gepulvert; 4,5 Unzen schwefelsaures Natron für
ulvert, alles gemengt, mit 10 Unzen Wasser von 10°
t; diese giebt —15°,5 C. Erstere Substanzen kann man
ls anwenden, die letzteren nicht. Nach Bischof[2] erzeugt
schung aus 5 Th. Schwefelsäure, 3,3 Wasser und 10,4
pulverisirtes krystallisirtes Glaubersalz eine Kälte, die
C. äufserer Temperatur bis — 25° C. herabgeht. Hat
s oder Schnee, natürlich oder durch Kunst bereitet, zur

[1] Philos. Mag. and Ann. of Phil. N. XVIII. p. 401.
[2] Schweigger's Journ. 1828. I. 370.

Digitized by Google

Disposition, so ist salzsaurer Kalk, den Lowitz[1] zuerst hi anwandte, am geeignetsten zur Erzeugung sehr intensiver K da diese Substanz ohnehin bei der Bereitung des ätzenden moniaks als Nebenproduct in Menge gewonnen wird.

462) Die Physiker sind so fleifsig gewesen, die Ge puncte der verschiedenen, schwergestehenden Flüssigkeiten zufinden, und haben dabei die Wirkungen der Kälte er genden Mischungen in so grofser Zahl und unter so vielf Modificationen untersucht, dafs es ermüdend seyn würde, alles einzeln aufzuführen, da die an sich einfache Aufgabe öftere Wiederholung ähnlicher oder gleicher Angaben gewinnt. Eine, wenn auch nur kurze, Erwähnung ver jedoch die zahlreichen Versuche verschiedener Gelehrten, Gilbert[2] zusammengestellt hat, vorzugsweise aber Fourcroy und Vauquelin[3]. Bei — 8°,75 äufserer peratur brachten sie mit 3 Th. Schnee und 1 Th. Schwe (4 Th. Säure 1 Th. Wasser) — 32°,5; mit 1 Th. k sirtem salzs. Kalk und 2 Th. Schnee — 42°,5 und salzsaurem Kalk und 6 Th. Schnee — 48°,75 C. her machten darin unter andern das Quecksilber gefrieren. — 7°,5 C. mischten sie 27 Unzen salzs. Kalk mit Schnee, sahen darin das Weingeistthermometer bis herabgehn und brachten zwei Unzen Quecksilber zum Ge doch gelang ihnen dieses nicht mit 8 Unzen; als sie Gemenge von 8 Unzen salzs. Kalkerde und 6 Unzen in der ersten Mischung erkälteten, sank das Thermom der letzteren bis — 53°,75 und die 8 Unzen Quecksil froren. Guyton[4] bediente sich bei seinen Versuchen

1 Nov. Acta Petrop. T. XI. Hist. p. 8. T. XII. p. 297. chem. Ann. 1793. St. I. S. 352. Ann. de Chim. T. XXII. p. salzsauren Kalk präparirte er bei einer Temperatur unter d frierpuncte, damit er mehr Krystallisationswasser behielt. Die K pulverte er fein, siebte sie durch einen Flor oder ein Haarsie das Pulver in der Kälte auf und vermischte 3 Theile desselb Th. lockerem Schnee, wodurch er die Temperatur leicht von auf — 45°,5 C. herabzubringen vermochte.

2 Dessen Annalen. Bd. I. S. 479.

3 Ann. de Chimie T. XXIX. N. LXXXVII. p. 281. G. H. Scherer's Journal d. Chemie. Bd. III. S. 49.

4 Ann. de Chim. T. XXXIX. p. 290.

ıg aus 6 Th. Schnee und 9 bis 10 Th. salzs. Kalk, weil er stark eingedickt war, fein pulverte und durch rsieb beutelte, VAN MONS aber versichert, durch eine ıg von salzsaurem Kalk und festem kaustischen Natron ılte von — 53° hervorgebracht zu haben. Durch Al- und zwar absoluten, mit Schnee, beide bei 0° Tempe- rachte TRALLES[1] eine Kälte von — 37° C. hervor. Bei der polytechnischen Schule zu Paris angestellten Ver- wurde zuerst die Salpetersäure mit Wasser verdünnt, 1,42 specif. Gewicht hatte, dann in einer Mischung aus Schnee und 1 Th. Meersalz bis — 21°,25 erkältet und hnee gegossen, wodurch eine Kälte von — 39° C. ent- ie das Quecksilber gefrieren machte.

n darf wohl annehmen, dafs alle krystallinische Salze, ie ihres Krystallisationswassers nicht beraubt sind, beim en eine grofse Menge Wärme binden und dadurch rzeugen, denn im entgegengesetzten Falle, wenn sie zu sgetrocknet sind, nehmen sie die ersten Antheile des en vereinten Wassers so begierig in sich auf, dafs sogar ıst so starke Kälte erzeugende salzsaure Kalk eine be- e Hitze entwickelt. Eine zweite Bedingung ist dann, e Salze fein gepulvert sind, damit ihre Auflösung im und in verdünnten Säuren schnell erfolge; aufserdem ı manche derselben, namentlich der salzsaure Kalk, in nen Pulverform das verlorne Krystallisationswasser wie- weswegen man sie auf der andern Seite gegen das frei- Zerfliefsen sichern mufs. Die wesentlichste Bedingung ingens ist aber, dafs der allerdings bedeutenden erzeug- te nicht zu viele Wärme von aufsen zugeführt wird. em Ende mufs man verhältnifsmäfsig grofse Massen an- , wenn die äufsere Umgebung nicht kalt ist, denn die :he der Gefäfse, worin die kaltmachende Mischung sich und in welche die Wärme von aufsen einstrahlt, in einem geringeren Verhältnisse, als die darin enthal- ısse. Am rathsamsten ist es daher, ein äufseres tiefes ɔfses Gefäfs mit kaltmachender Mischung zu wählen, in in kleineres, gleichfalls mit erkältenden Substanzen ge-

---

G. XXXVIII. 365.

lourn. d. l'École polyt. T. I. p. 123.

Digitized by Google

füllt, zu setzen, und in letzteres erst die zum Gefrieren zum tiefen Erkalten bestimmte Substanz. Unter Umständen kann man auch in das äufsere grofse ein zweites kleineres und in dieses ein drittes, noch kleineres, alle drei mit kältechenden Mischungen gefüllt, setzen, wobei jederzeit das innerste zur Aufnahme derjenigen Substanz dient, deren Verhalten unter dem Einflufs grofser Kälte man untersuchen will. Das äufserste Gefäfs besteht am besten aus Holz, Töpferthon oder Porzellan, überhaupt aus einer schlecht leitenden Substanz, um möglichst wenig Wärme von aufsen aufzunehmen, die innere aus dünnem Metallblech, wenn dieses durch die Säuren nicht angegriffen wird; man beginnt damit, die Mischungen des äufsersten zergehn zu lassen und dann zu den folgenden übergehn, wenn die darin enthaltenen Substanzen möglichst erkaltet sind, wobei sich von selbst versteht, dafs die Säuren, Salze oder der Schnee, jedes für sich allein, erkältet werden müssen, ehe man sie vereinigt. Ein sehr geeignetes Verfahren besteht dann darin, dafs man mittelst gewöhnlicher Kältemischungen zuerst Eis bereitet, dieses dann zerstöfst und dann weiter erkältendes Mittel nachher in Anwendung bringt. Die stärkste Kälte wird durch salzsauren Kalk und Schnee oder Eis erzeugt, indem man beide Substanzen, den salzsauren Kalk gepulvert, in einzelnen, durch dünne Korkscheiben getrennten Lagen über einander schichtet und sie nach möglichster Erkältung vermischt. Diejenigen Kältegrade, welche durch die verschiedenen Substanzen erzeugt werden, sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten[1].

---

1 Aus L. Gmelin's Handbuch der theoretischen Chemie. Bd. I. S. 152.

Substanzen.	Temperatur von	bis
Wasser mit		
salpetersaurem Ammoniak . .	10° C.	—15,°5C.
miak u. $\frac{5}{16}$ Salpeter	10 —	—12 —
salpetersaurem Ammoniak; 1 Th.		
kohlensaurem Natron	10 —	—13,8 —
miak; 0,1 Salpeter; 0,6 Chlorkalium	25 —	— 6 —
miak; $\frac{5}{16}$ Salpeter; $\frac{8}{16}$ Glaubersalz	10 —	—15,5—
chwefelsäure (50 Vitriolöl, 55		
Vasser) mit		
Th. Glaubersalz	10 —	— 8 —
rdünnte Salzsäure mit		
h. Glaubersalz	10 —	—17,8 —
rdünnte Salpetersäure mit		
Salmiak; 0,5 Salpeter; 1,5 Glaubers.	10 —	—12 —
Th. salpetersaur. Ammoniak und		
1,5 Glaubersalz	10 —	—10 —
lpetersaurem Ammoniak und 2,25		
phosphors. Natron	10 —	— 6 —
hosphorsaurem Natron . . .	10 —	—11 —
laubersalz	10 —	—16 —
chnee oder zerstofsenes Eis mit		
wefelsäure (4 Vitriolöl 1 Wass.)	0 —	—32,5 —
verdünnte Schwefelsäure . .	— 7 —	—51 —
verdünnte Salpetersäure . . .	— 23 —	—49 —
verdünnte Salpetersäure . . .	— 17,8 —	—43 —
h. krystallis. Kali	0 —	—28 —
Kochsalz	0 —	—17,8 —
lzsaurem Kalk	0 —	—49,0 —
lzsaurem Kalk	0 —	—27,8 —
geist	0 —	—10 —
Salzsäure	0 —	—33 —
Kochsalz; 0,416 salpeters. Ammoniak	0 —	—31 —
ochsalz; 0,2 salzs. Ammoniak .	0 —	—24 —
ochsalz; 0,21 Salmiak; 0,21 Salpeter	0 —	—28 —
verdünnte Schwefelsäure; 0,375		
verdünnte Salpetersäure . . .	— 23 —	—48 —

) Da bei der Dampfbildung flüssiger Körper ungleich ärme latent wird, als beim Uebergange der festen in den der tropfbaren Flüssigkeit, so mufs durch künstlich te Verdampfung auch eine noch gröfsere Kälte erzeugt als durch schnelles Schmelzen. Aufserdem hat die uflösungen erzeugte Kälte bestimmte Grenzen, die aber i erreichen sind, weil allezeit Wärme von aufsen zu-

Digitized by Google

strömt. So gefriert Salzsoole, je nach ihrer Concentration, bei tieferen Graden, für gesättigte kann etwa — 20° C. angenommen werden, und es ist daher unmöglich, eine gröfsere Kälte durch Salz und Schnee zu erreichen, die sich bei tieferen Temperaturen nicht mehr auflösen würden. Verdünnte Säuren gefrieren bei tieferen Graden nicht, man kann daher gröfsere Kälte durch sie erzeugen; die stärkste durch salzsauren Kalk und Schnee, welche bis — 60° reichen soll. Dagegen findet keine Abdampfung unausgesetzt statt, und die absolute, dadurch zu erzeugende Kälte läfst sich daher nicht bestimmen, aber wohl wegen hindernder Bedingungen nicht erreichen.

Dafs durch Verdunstung Kälte erzeugt werde, mufs schon in den ältesten Zeiten wahrgenommen worden seyn, daher erwähnt auch Musschenbroek[1] als ein bekanntes Phänomen, dafs eine mit Wasser benetzte Thermometerkugel, wenn sie von gleicher Temperatur dagegen geblasen wird, eine Abnahme der Wärme zeigt; die Sache scheint jedoch erst dann bekannt worden zu seyn, als man vermittelst der Thermometer auch geringeren Temperaturverminderungen zu messen vermochte, wo man die seltsamsten Hypothesen über die Ursache dieses Phänomens aufstellte. Richmann[2] nahm wahr, dafs ein Thermometer, dessen Kugel mit Wasser benetzt war, so lange anzeigte, bis alles Wasser verdunstet war, und leitete sie von den in der Luft schwebenden kaltmachenden Theilen. Mairan[3] dagegen von der Bewegung des die Thermometerkugel umgebenden Wasserhäutchens. Ohne die eigentlich hierbei wirksame Ursache genauer anzugeben, stellten Biot und hauptsächlich Cavallo[5] mehrere Versuche an, die zeigten, die bei verschiedenen Flüssigkeiten sehr ungleiche Verdunstungskälte zeigten, namentlich die sehr starke durch Schwefeläther erzeugte. So brachte Letzterer mitten im Sommer hierdurch das Thermometer innerhalb zwei Minuten von 18° C. auf — herab, wobei er bemerkte, dafs das Thermometer im Winter bis — 7°,75 herabsank, ehe Eisbildung erfolgte, statt dafs

1 Essai de Physique §. 962.

2 Nov. Comm. Petrop. T. I. p. 290. Nouv. Mém. de l'Ac. Ann. 1747 u. 48. p. 284.

3 Dissert. sur la glace. P. II. Sect. II. cap. 8 u. 9.

4 Mémoires présentés T. V. p. 405.

5 Philos. Trans. T. LXXI. P. II.

ıter schon bei — 1° eintrat. Der Erste, welcher die ıtung als nächste Ursache der Kälteerzeugung angab, Cullen[1] gewesen zu seyn, und so fanden denn auch , Braun[3], Achard[4], Lavoisier[5] und Andere, dafs die Kälte mit der Stärke der Verdunstung wachse, denn oder Säuren getaucht zeigte das Thermometer gar keine mit concentrirten Säuren sogar Erhitzung. Schnelles ı der Luft verstärkt die Verdunstung und erhöht da- ie erzeugte Kälte, weswegen Achard bei seinen Ver- das Quecksilber gefrieren zu machen, die Wirkung der ıen Kältemischungen durch Benetzen mit Schwefeläther, en er stets Luft blies, zu verstärken suchte. Die Erzäh- afs man durch blofse Verdunstungskälte das Quecksilber rieren gebracht habe, erklärte übrigens Braun[7] für eine eil dadurch nur eine Kälte von — 15° nach de l'Isle zu sey. Als schon die Lehre vom latenten Wärmestoff kannt zu werden, schwankten die Physiker noch, ob atentwerden der Wärme in Folge der Dampfbildung *Expansion der Luft* als Ursache der erzeugten Kälte n sollten. Darwin[8] neigt sich mehr zur letzteren denn er erinnerte, dafs der Luftstrom aus einer Wind- ls Thermometer um mehrere Grade fallen mache, auch sselbe unter der Campane der Luftpumpe um 2 bis 3 wenn man exantlire. In den bleiernen Windkessel asserkunst zu Derby war ein Loch von der Gröfse ei- enfeder gebohrt, und wurde dann ein Thermometer der römenden Luft ausgesetzt, so sank es mehrere Grade, Gruber[9] erinnerte, dafs die mechanische Ausdehnung

---

ue Edinburgische Versuche. 1756. Bd. II. S. 145. Ebend. 1776. eser zählt eine Menge ältere Beobachtungen auf und ver- durch eigene. S. Miscellanea Taurinens. T. II. p. 151. v. Comm. Petrop. T. X. p. 309. In Hamb. Magaz. Bd. IV.

schäftigungen d. Berl. naturf. Ges. 1775. Bd. I. S. 112. Journ. XVI. p. 174.
m. de l'Acad. 1777. p. 425.
Gentleman's Magazine. 1761. p. 403.
v. Comm. Pet. T. XI. p. 318.
os. Trans. 1788. T. LXXVIII. p. 43. Gren's Journ. Bd. 1.
thaisches Magaz. Th. VII. St. 1. S. 127.
en's Journ. d. Phys. Bd. III. S. 188.

der Luft nicht unmittelbare Ursache der Kälte seyn könne, sonst im Boyle'schen und Torricelli'schen Vacuum noch gr Grade der Kälte herrschen müfsten, die weggeschaffte Luf gegen führe die Wärme mit sich fort; was eigentlich s wie nichts gesagt ist. Cavallo[1] liefs bei seinen Ver den Aether aus einem in ein Haarröhrchen endigenden Tr auf die Thermometerkugel tröpfeln, und erhielt dann durc tes Zuführen frischer, nicht mit Dampf erfüllter, Luft eine hen Grad von Kälte, de Saussure[2] aber befestigte auf d du Géant an der Kugel seines Thermometers einen fe Schwamm und schwenkte das Thermometer an einer S mit gröfster Schnelligkeit in der Luft, wodurch er eine tung von 10 Graden zu erzeugen vermochte; wenn er a Kugel eines kleinen Thermometers mit feiner Leinwa wickelte, in Aether tauchte und nach dem Herausziehen schnell in der Luft bewegte, so konnte er eine Erkält 33 bis 34 Graden hervorbringen. Unter die älteren V welche sämmtlich aufzuzählen kaum die Mühe lohnt, ferner die von Baux[3], welcher ein mit Wasser Thermometer sinken sah, und die von Franklin[4], eben dieses mit Weingeist bewerkstelligte. Wasser u andere Flüssigkeiten verdunsten stets, und die Geneig Wärme, mit ihnen Dampf zu erzeugen, ist so grofs, Oberfläche der Seen und des Meeres bei vorhandener R stets etwas kälter zeigt, als die übrige Wassermasse; b verstärkt wird aber diese Wirkung, wenn die vertheil sigkeiten eine grofse Oberfläche darbieten. Unter and G. Bischof[5] die Temperaturen in der Nähe des Staubba fand neben dem Wasserfalle 8°,5 C., vor der Auberge Temperatur des Wassers 50 Fufs vom Falle 8°,75, Quellen in derselben Höhe aber 11°,1; 11°,25 und woraus die durch die Verdampfung erzeugte Kälte hervorgeht. Hierhin gehört auch die Abkühlung de

1 Voigt's Magazin. Bd. II. S. 242.

2 Journ. de Phys. 1789. Mars. Uebers. in Gren's Journ. Bd. I. S. 460.

3 Hist. de l'Acad. 1753.

4 Rozier Observat. T. II. p. 276 u. 483. Er stellte die mit Dr. Simpson zu Glasgow an.

5 Biblioth. univ. 1836. p. 384.

, die man in Spanien durch die *Alcarazzas* bewirkt. Krüge sind nach Sallior's[1] Beschreibung 1 Fuſs hoch, ſs weit, unten bauchig und oben enger[2]. Sie sollen i der Berberei und Aegypten gewöhnlich seyn und ka- rmuthlich durch die Mauren nach Spanien. Fabbroni[3] untersucht und bemerkt, daſs sie gerade so porös seyn , um genau so viel Wasser zur Oberfläche durchzulas- stets verdunstet, wodurch dann eine bedeutende Ab- ; bewirkt wird. Als er bei 21°,25 C. äuſserer Tempe- ei Alcarazzas, die beinahe 50 Pfund Wasser enthielten, ien diesen drei ungefähr gleich groſse kupferne Gefäſse en Luft aussetzte, nahm das Wasser in den letzteren d die Temperatur der Umgebung an und erhielt sich bei, das in den ersteren aber sank auf 16°,25 bleibend Die Erkaltung wird noch stärker, wenn man sie einem lichen Luftzuge aussetzt. Ebenso pflegen die Seefahrer ink dadurch abzukühlen, daſs sie die Flaschen mit nas- geltuch umgeben und im Tauwerk aufhängen. Die legen, um die Windrichtung zu ermitteln, einen Finger de naſs zu machen, dann vertical in die Höhe zu hal- aus dem durch den Luftzug merklich erkalteten Strei- e Richtung zu entnehmen. Hauptsächlich zeigt sich dunstungskälte wirksam bei der bekannten *Eisbildung ares* in Ostindien, worüber Williams[4] Folgendes be- Ein ausgedehntes, etwa 4 Acres haltendes, Feld ist 4 :h mit Stroh oder Schilfrohr belegt, auf welchem zahl- 100000 betragende flache, unglasirte, irdene Gefäſse lt sind, so porös, daſs sie durch hineingegossenes Was- ich auswärts feucht werden. Mehrere hundert Men- llen sie Abends mit Quellwasser und nehmen am an- rgen um 5 Uhr die gebildete Eiskruste heraus, welche ht ablösen läſst, weil die innere Seite der Gefäſse mit strichen ist. Das Stroh muſs trocken seyn, sonst ist ldung, die unter günstigen Umständen über einen Zoll

---

lcade philos. An VI. Frim. 30. Ann. de Chim. T. XXV. p. 167. e ich selbst gesehen habe, sind von schmutzig weiſs-gelbli- n und gleichen einer sehr groſsen Calebasse.
urn. de Phys. T. VI. p. 228. G. III. 232.
il. Trans. T. LXV. p. 252. LXXXIII. p. 56 u. 129. Gren's . VIII. S. 409.

Digitized by Google

Dicke erreicht, minder stark; sie wird vorzüglich durch kühlen Wind befördert, welcher sich gegen Morgen e denn die Temperatur des Strohes kommt nie unter 2° C aber wegen der über ihm statt findenden Verdunstung ste etwa 2° C. niedriger, als die der höheren Luftschichten. LIAMS füllte zwei alte Gefäfse, deren Poren verstopft und zwei neue mit Wasser aus einem tiefen Brunnen. Temperatur 23°,34 zeigte, stellte sie gegen Abend schattigen Ort, dessen Temperatur 35° war, und bemerk die Wärme des Wassers in den alten Gefäfsen nach bis 31°,1 gestiegen war, statt dafs sie in den neuen dauernd bei 20° erhielt[1].

464) Schnelle und starke *Ausdehnung expansibel sigkeiten* bindet Wärme, so wie ihre Zusamm sie frei macht, ohne dafs jedoch die Gröfse der hier bundenen Wärme bis jetzt genau bestimmt wurde (§. 11 aber das zweite Mittel der Kälteerzeugung, nämli Dampfbildung, hiermit verbunden ist, so wird möglich, die Temperatur ausnehmend tief herabz Mittel, worauf LESLIE zuerst die Aufmerksamkeit richtete, die dasselbe nachher zu höchst interessante benutzten. Blofse Ausdehnung expansibeler Flüssig keine bedeutende Wärmeabsorption bewirken, weil dem allgemeinen Gesetze ihres Verhaltens gemäfs hung zur Materie folgt, die hierbei fehlt, indem der solcher nicht eigentlich Wärme zu enthalten scheint ROBINSON[2] will aber gefunden haben, dafs Luft, men er um ein Drittel vergröfserte, eine Erkältung bis 11°,1 C. hervorbrachte; auch nahm schon CULL dafs schnelles Exantliren der Luft Kälte erzeuge, was SURE[4] durch Versuche bestätigte; in der Regel aber voraussetzen, dafs bei bedeutender, durch Expansion erzeugter, Kälte Dampfbildung als vorzügliche oder

1 Vergl. die Art. *Ventilator* und *Verdunstung*. Dafs scheinung später aus der *Strahlung* der Wärme gegen den melsraum ableitete, möge hier beiläufig bemerkt werden.

2 Mechanical Philosophy. T. II. p. 166.

3 Essays of the Society of Edinburgh. T. II. p. 158.

4 Journ. de Physique. T. IV. p. 186. Vergl. L metrie S. 267.

Digitized by Google

vorhanden ist. Dahin gehören ohne Zweifel die Ver-
WART's [1], welcher Kälte durch die Expansion verdich-
se und Dämpfe entstehen sah, diese Erscheinung aber
leitete, dafs die zusammengedrückten Molecüle der Gase,
r Druck nachläfst, nach dem Gesetze der Trägheit wie
ch eine Feder ausgespannte Kugeln sich weiter ent-
Niederschlag der Dämpfe und Wiedererzeugung der-
t vermuthlich auch bei dem Apparate mitwirkend, wo-
ARE [2] die durch Compression der Luft entbundene und
re Expansion wieder absorbirte Wärme anschaulich
An einer Glasröhre b b befindet sich eine Kugel a, in Fig. 66.
tte die kleine Kugel eines empfindlichen Thermome-
alten ist; das andere Ende der Röhre hat eine etwas
ase von Federharz A, welche mit Luft erfüllt und da-
sgespannt festgebunden ist. Drückt man die Blase
sammen, so wird die Luft in der Kugel a comprimirt
Thermometer $\alpha\beta$ zeigt die Entbindung von Wärme an;
n sie aber eine Zeit lang in diesem Zustande, bis die
ur sich wieder ins Gleichgewicht gesetzt hat, und läfst
dem Drucke nach, so dehnt sich die Blase A und
ganzen Apparate enthaltene Luft wieder aus und das
eter zeigt entstehende Kälte. Der Apparat ist zwar
nd bequem, aber das Phänomen, was er zeigt, ist
fach, da auf jeden Fall der mechanische Druck auf die
eterkugel mitwirkt. In vielen Fällen hat aber die
r Expansion statt findende Dampfbildung einen bedeu-
influfs auf die entstehende Kälte. Die oben (§. 114)
Eisbildung durch Expansion der comprimirten Luft
n leichtesten, wenn die Luft sehr feucht ist, auch
unter dieser Bedingung das Anstofsen kleiner, durch
neten Hahn ausgetriebener Eisstückchen. Ebenso er-
TET [3], dafs, wenn feuchte Luft aus einer Compres-
pe entweicht und etwas Wasser mit sich fortreifst,
Hahn gefriert. Dahin gehört dann auch die be-
isbildung durch das Ausströmen der sehr feuchten Luft

---

ilos. Magaz. and Ann. of Phil. T. V. p. 247. Biblioth. univ.
. 117.

liman's Amer. Journ. T. XIII. p. 7.

herer's Journ. Th. III. S. 481.

Digitized by Google

aus der *Höll'schen Maschine* zu Schemnitz, wovon bereits Rede war[1].

465) Die Dampfbildung wird befördert, wenn der entstehende Dampf kein auf der Flüssigkeit ruhendes Medium durch oder in dieses beim Aufsteigen dringen mufs, sondern sich in leeren Raume frei ausbreiten kann. Man kannte daher lange stärkere Verdampfen im luftleeren oder luftverdünnten Raume; hierauf gründete J. T. Mayer[2] das von ihm angegebene, allen sichere Verfahren, selbst im heifsen Sommer Wasser zum Gefrieren zu bringen. Er füllte zu diesem Ende ein langes Gläschen nicht ganz voll mit Aether, band eine Thierblase darüber, die mit einer Nadel an einigen Stellen durchstochen war, setzte es in ein anderes, etwas weiteres Gläschen, füllte den engen Zwischenraum zwischen beiden mit Wasser, setzte beide in ein drittes geeignetes Glas, in welchem sich gleichfalls Aether befand. Wurde dann diese Vorrichtung unter eine Campane gestellt und 8 bis 10 Minuten lang evacuirt, so gefror das Wasser durch die Kälte des in beiden Gläsern verdunstenden Aethers. Aehnliche, zu gleichem Zweck dienende Apparate haben Grotthuss[3] und Vogel[4] in Vorschlag gebracht. Alle früheren Verfahrungsarten wurden aber übertroffen durch die von John Leslie[5] angewandte, welche darin besteht, nicht blofs durch den luftverdünnten Raum die Verdampfung zu erleichtern, sondern zugleich den erzeugten Dampf durch eine ihn absorbirende Substanz schnell wegzuschaffen und somit die stets fortdauernde neue Bildung desselben zu befördern. Auf diese Weise wurde es möglich, das Wasser durch seine eigene Verdampfung gefrieren zu machen, obgleich sein Siedepunct höher liegt, als der mancher anderen, starke Kälte erzeugenden Flüssigkeiten, so ist dagegen die latente Wärme des Wasserdampfes unter allen die grö-

---

1 S. Art. *Pumpe*. Bd. VII. S. 976. Vergl. G. XVIII. 412.

2 Gren's neues Journ. Th. II. S. 358.

3 Allgemeine nord. Annalen. Th. II. S. 6.

4 Bulletin de Pharmacie. 1811. Août.

5 Biblioth. Britann. T. XLVI. p. 314. Schweigger's Journ. S. 209. G. XLIII. 373. Annales de Chim. 1811. Mai. Philos. Mag. 1818. Jun. Biblioth. univ. T. VIII. p. 196.

6 Gay-Lussac wiederholte das von Leslie vorgeschlagene Verfahren und brachte dadurch das Quecksilber zum Gefrieren, wo-

s Verfahren besteht darin, das Wasser, welches ge-
oll, in einem flachen Gefäfse über einem weiteren, mit
lsäure gefüllten, unter der Campane einer Luftpumpe
len und zu exantliren. Er wandte gewöhnlich eine
iche Verdünnung an, doch genügt auch eine funfzig-
und beim Mangel einer guten Luftpumpe, oder wenn
Sache in kurzer Zeit zeigen will, kann man einen
chwamm über der Schwefelsäure aufhängen, welcher
ell gänzlich erstarret. Ist das Eis einmal gebildet, so
s Vacuum weniger stark seyn, je luftleerer aber der
it, desto stärker dauert die Verdunstung auch des
t, welches viele Grade unter dem Eispuncte, fast bis
rierpuncte des Quecksilbers erkaltet und dadurch all-
rschwindet, bis es nach einigen Tagen, je nach der
er Massen, gänzlich verzehrt ist. Will man durch
ung des Eises das Quecksilber zum Gefrieren bringen,
er wohl die Campane von aufsen abgekühlt werden
mehrere, zunehmend gröfsere Campanen über einander
Luftpumpenteller gestellt werden, so umgiebt man ein
ecksilber enthaltendes Röhrchen zuerst mit einer Eis-
dem man es unter der Campane im Vacuum wieder-

---

die Campane von aufsen durch eine Mischung von Schnee
alz abkühlte. Um den Grad der durch Verdunstung er-
ilte zu bestimmen, schlägt er folgende Formel vor. Es sey
e der Erkältung in Centesimalgraden; l die latente Wär-
mpfes; $\varphi(x)$ die Elasticität des Dampfes bei der Tempera-
lie Dichtigkeit des Dampfes gegen Luft als Einheit; t die
der Luft in Centesimalgraden; p ihr Druck in Metern;
mecapacität gegen die der Flüssigkeit als Einheit genom-
t:

$$\varphi(x)\,\delta l = \left\{p - \varphi(x)\right\}(t - x)\,c.$$

iel kommt vorzüglich in Anwendung, wenn eine Gasart über
Thermometerkugel hinströmt und man deren specifische
cität zu bestimmen wünscht, s. §. 882. Auf Wasser angewandt
- Lussac die latente Wärme des Wasserdampfes $l = 550°$ C.
vom Siedepuncte an zu rechnen wäre, vergl. §. 406 ff.),
keit desselben $\delta = \frac{1}{16}$; die Wärmecapacität der Luft (nach
und Bérard) $c = 0{,}2669$, und nach Laplace:

$$= 0{,}76^{m}\left(10\right)^{x.0{,}0154547 - x^{2}.0{,}0000625826},$$

Chim. T. XXI. p. 82.

Digitized by Google

holt in ein Gefäfs mit Wasser über Schwefelsäure [illegible] das anhängende Wasser gefrieren läfst; dann nimmt [illegible] Wassergefäfs weg, senkt das Röhrchen bis 0,5 Zoll [illegible] über die Oberfläche der Schwefelsäure herab und [illegible] auf 0,1 Zoll der Barometerprobe. Leslie nahm statt der [illegible] felsäure auch salzsauren Kalk, fand diesen aber weniger [illegible] sam, ebenso getrockneten und pulverisirten Trapp-[illegible] auch getrocknetes feines Hafermehl, die zwar einige, [illegible] geringere Wirkungen äufserten[1]. Er beabsichtigte [illegible] dieses Verfahren für technische und ökonomische Zwe[illegible] benutzen, denn er nahm ein Patent darauf, und [illegible] man es später häufig nicht blofs zum Austrocknen [illegible] Eindicken von Säften angewandt, sondern auch [illegible] Grofsen ausgeführt, die durch Dampfmaschinen getrie[illegible] den und in Ostindien dazu dienen, Eis zur Abkü[illegible] Getränke zu bereiten, was keinen grofsen Aufwand [illegible] da sich die angewandte Schwefelsäure zum neuen G[illegible] Platinschalen wieder abdampfen läfst. Dafs Physik[illegible] miker häufig dieses Mittel zur schnellen Bereitu[illegible] Quantitäten Eis benutzen, ist eine jetzt genügend [illegible] Sache.

466) Leslie's Entdeckung wurde mit grofsem Be[illegible] genommen, und wohl alle Physiker machten sich da[illegible] gen, die einfache Erscheinung selbst wahrzunehmen, [illegible] verfolgten sie aber in ihren verschiedenen Modificatio[illegible] strebten danach, sie zu technischen Zwecken mit Vo[illegible] zuwenden, wie Clement und Desormes[2], die dadurch [illegible] golfier's Verdampfungsapparat[3] ersetzen wollten. Au[illegible] wurde aber das Problem behandelt durch Configliach[illegible] cher nach erhaltener kurzer Notiz sogleich den Ver[illegible] derholte und nach dem Gelingen desselben die Sache [illegible] verfolgte. Zuerst umgab er eine Thermometerkugel m[illegible] nassen Schwamme, erzeugte ein starkes Vacuum, [illegible] Campane, worin das Thermometer an einem Seidenfa[illegible]

1 Philos. Magaz. 1817. Apr. u. Juli. Bibl. univ. T. VI.
2 Ann. de Chim. 1811. Mai. G. XLIII. 378.
3 Vergl. Art. *Verdunstung*. Bd. IX. S. 1735.
4 Memoria sul freddo produtto cet. Pavia 1811. Journ. de T. LXXVI. p. 258. Brugnatelli Giorn. T. IV. p. 208 u. 337. 341. Schweigger's Journ. II. 335. IX. 54.

Digitized by Google

gen war, durch eine zweite darüber gestürzte gegen den
ſs der von auſsen zuströmenden Wärme, und erreichte
ch, daſs das Wasser im Schwamme ohne vorhandene hy-
pische Substanz in Eis verwandelt wurde. Freies Wasser
inen Gefäſsen konnte er selbst, wenn der Recipient aus-
durch verdampfenden Weingeist erkältet wurde, nicht
änzlichen Gefrieren bringen, wohl aber zum Anschieſsen
Eisnadeln. Unter den nachher angewandten hygrosko-
ı Substanzen fand er die concentrirte Schwefelsäure am
nsten und brachte, indem er ein mit derselben gefüll-
äſs unter den nassen Schwamm oder unter das Schälchen
asser stellte, die Eisbildung vollständig ohne Schwierig-
Stande. Als bei einem Versuche mit dem Schwamme
cuum bis auf 1,1 Millim. gebracht war, sank das Ther-
r nach vollendeter Eisbildung bis — 37° C. Nach vie-
geblichen Versuchen, indem er die Thermometerkugel
em in Wasser getränkten Schwamm umgab, mehrere
mit Schwefelsäure in ungleichen Höhen darunter stellte
ı Recipienten äuſserlich durch Aether abkühlte, gelang
, bei 20° C. äuſserer Temperatur und einem bis 0,56
gebrachten Vacuum das Quecksilber gefrieren zu ma-
wie sich dadurch zeigte, daſs es lange auf — 40° C.
blieb und dann plötzlich um 12° herabsank; es schmolz
vor dem Herausnehmen wieder, und er konnte es nicht
hrenen Zustande zur Untersuchung erhalten. Con-
hi stellte dann eine Reihe von Versuchen mit son-
den Wasserdampf absorbirenden Substanzen an, deren
e folgende Tabelle übersichtlich zeigt, wobei zu bemer-
, daſs die Verdampfung derselben der Erzeugung eines
Vacuums entgegenstand und daher die Erlangung tie-
tegrade hinderte. Die Thermometerkugel war allezeit
m nassen Schwamm umgeben; die äuſsere Temperatur
0° C.

Digitized by Google

Substanzen	Kälte	Barometer Millim.	Wasser fror
feste Phosphorsäure . . .	1°,5 C.	6,765	nicht
trocknes kaust. Kali . .	—3,0 —	2,818	gänzlich
essigsaures Kali, säuerlich	—2,0 —	3,945	zum The
neutral .	—3,0 —	3,382	zum The
getrocknet	—2,75—	3,199	gänzlich
basisch .	—3,0 —	3,066	gänzlich
chlors. Kali, krystallis. . .	2,0 —	7,328	nicht
nicht krystallis. . .	—2,5 —	3,199	gänzlich
salpeters. Ammoniak, krystall.	5,0 —	7,992	nicht
schwefels. Natron, trocken	8,0 —	9,020	nicht
Schwefelsäure	—18,5 —	0,751	gänzlich

Die Folgerungen hieraus ergeben sich von selbst, doch w
nen folgende Bemerkungen beachtet zu werden. Bei
äufserer Wärme ist es vortheilhaft, den Recipienten
netzen und mit einem Blasebalge dagegen zu blasen
sich die Schwefelsäure erhitzt, so stellt man das Gef
selben am besten auf den Teller der Luftpumpe
das Wasser in einige Höhe darüber. Eine vorausgehe
kältung des Wassers bringt geringen Vortheil, denn
auch, wenn es vorher 85° C. zeigte. Die Wirkung
einem kleineren Recipienten schneller, als in einem
Die Menge des verdunstenden Wassers, wodurch der R
friert, beträgt ungefähr ein Achtel, was mit der The
genug übereinstimmt; denn setzt man von 0° C. ausg
latente Wärme des Wassers = 75 und die des Dampfes
so ist deren Verhältnifs nahe genau = 1:9, und $\frac{1}{9}$ wä
zur Erreichung des Gefrierens noch nicht genügen, wenn
das Wasser über 0° C. erwärmt ist.

467) Configliachi untersuchte darauf die durch d
dunsten noch flüchtigerer Flüssigkeiten entstehende Kälte
erst umgab er die Kugel eines Quecksilberthermometers
nem in Schwefeläther von 0,74 spec. Gewicht ge
Schwamme, brachte ihn ohne absorbirendes Mittel
Campane, und als er bemerkte, dafs dasselbe unter
frierpunct des Quecksilbers herabsank, nahm er eine K
einer Thermometerröhre, welcher Apparat so eingerich
dafs das Quecksilber beim Gestehen ganz in die Kugel
sank, und es gelang ihm damit, bei einer äufsern Tem

,° C. das Quecksilber mehrmals zum Gefrieren zu brin-
) dafs es gegen 4 Minuten in diesem Zustande blieb, in-
beim Zerschlagen der Kugel abgeplattet war. Den
zpunct desselben setzt er bei — 36° C., doch mufs die
is — 39°,25 herabgehn, wenn das Gefrieren eintreten
)a er glaubte, dafs concentrirte Schwefelsäure auch Ae-
pf absorbiren werde, so stellte er ein damit gefülltes
unter das auf die angegebene Weise vorgerichtete Ther-
r, stürzte über die Campane noch eine zweite, kühlte
lurch Weingeist und Blasen mit einem Blasebalge ab,
i das Thermometer binnen 10 Minuten bei 21°,25 äu-
Temperatur im Vacuum von 2,25 Millim. Quecksilber
51°,25 C. herabgehn, wobei der Aether gefroren war.
darauf Salzäther, Salpeteräther, Alkohol und Ammoniak
che Weise anwandte, ging die Barometerprobe tiefer
das Quecksilber aber konnte er nicht gefrieren machen.
ei diesen Flüssigkeiten wurde die Wirkung durch Schwe-
vermehrt, bei der Anwendung des Ammoniaks aber
liese zum Nachtheile des Versuches stark erhitzt; be-
h der Aether in einer Schale, so ging seine Tempera-
ht unter — 28° C. herab. Die folgende Tabelle giebt
bersicht der mit und ohne Schwefelsäure erzeugten Käl-

Das specifische Gewicht der angewandten Schwefel-
ar 1,85, die Wärme der Flüssigkeiten beim Anfange
uche 15° C.; die Barometerhöhe ist in Millimetern an-

ssigkeiten	Ohne Schwefelsäure			Mit Schwefelsäure	
	Spec. Gew.	Barometer	Temperatur	Barometer	Temperatur
elather . .	0,70	4,5	—42°,00	3,20	—48°,00
er	0,80	4,25	— 25,75	3,00	— 30,00
räther . . .	0,86	3,58	— 20,25	2,86	— 31,25
l	0,81	3,96	— 22,50	2,22	— 37,50
niak	0,91	2,98	— 19,00	2,75	— 24,00

) Nach Bekanntwerdung dieser interessanten Versuche
ähnliche von verschiedenen Gelehrten angestellt und
eil bekannt gemacht, von denen hier nur die wichtig-
ähnt werden mögen. Sehr ausführlich erzählt Bel-
lie durch ihn geschehene Wiederholung derselben, allein

rugnatelli Giorn. T. IX. p. 102. 188. 417.

Digitized by Google

die erhaltenen Resultate setzen dem Bekannten nichts N hinzu. Wichtig sind dagegen die Versuche, welche G Lussac[1] anstellte, indem er getrocknete Luft gegen eine Wasser benetzte Thermometerkugel blasen liefs und das durch erzeugte Maximum der Erkaltung unter die Temp der Umgebung mit der theoretischen Bestimmung derselben glich; es dürfte indefs sehr schwer seyn, für die letzter erforderlichen Gröfsen mit nöthiger Schärfe zu erhalten, wegen ich blofs die durch Erfahrung gefundenen Werthe, von den berechneten zunehmend abweichen, hier mittheile, bei t die Temperatur der Umgebung und t' die durch die dunstung erzeugte Kälte unter dieser Temperatur in Ce malgraden bezeichnet.

t	t'	t	t'	t	t'
0°	5°,82	9	8°,61	18°	11°,96
1	6,09	10	8,97	19	12,34
2	6,37	11	9,37	20	12,73
3	6,66	12	9,70	21	13,12
4	6,96	13	10,07	22	13,51
5	7,27	14	10,44	23	13,90
6	7,59	15	10,82	24	14,30
7	7,92	16	11,20	25	14,70
8	8,26	17	11,58		

Es ergiebt sich aus dieser Tabelle, dafs die Grade der er ten Kälte um so mehr wachsen, je gröfser die Wär Umgebung ist. Hieraus folgt von selbst, dafs sie in ähnlichen Verhältnisse abnehmen, wenn die letztere unt Gefrierpunct herabgeht, was auch durch die Formel ausge wird, wonach bei — 25° äufserer Temperatur nicht me 1°,45 Kälte erzeugt werden würde, aus dem einfachen G weil die Dichtigkeit des Dampfes, und sonach die Men verdampfenden Wassers, mit abnehmender Temperatur g falls abnimmt. In einem genügenden theoretischen Aus dieser Gröfsen müfste zugleich auch die mit der Tem abnehmende Wärmecapacität des Wasserdampfes aufge werden, worüber bis jetzt die Bestimmungen fehlen.

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 82.

2 London and Edinburgh Philos. Magaz. N. LXVII. p. 35

der Wiederholung der bekannten Versuche, dafs der
den man anwendet, um das Wasser gefrieren zu ma-
lie Ventile und inneren Theile der Luftpumpe angreift,
's man diesem Uebel durch ein untergestelltes Gefäfs
wefelsäure begegnen kann. Das Gefrieren des Wassers
ıwefelsäure im Vacuum fand er schwierig [1], vermuthlich
nangelhafter Wirksamkeit der gebrauchten Pumpe, doch
:s ihm später, wenn er den Versuch länger fortsetzte
ch eine eigene Vorrichtung stets aufs Neue Wasser hin-
:, eine 2 Zoll dicke Eismasse zu erzeugen. Dagegen
ıvr [2] keine Schwierigkeit, das Quecksilber selbst bei
C. äufserer Wärme vermittelst Schwefeläthers über
lsäure gefrieren zu machen; interessant aber ist die
ın geschehene Umkehrung des Versuches, indem er die
meterkugel mit Schwefelsäure benetzte, Aether darunter
und beim Exantliren Wärmevermehrung wahrnahm.
r [3] erweiterte das Gebiet der bis dahin gemachten Er-
en, indem er eine neue und bei weitem die wirksamste
z, den Schwefelkohlenstoff, anwandte. Wird die Ku-
:s Thermometers mit einem Stücke Flanell oder besser
nd umwickelt, dann in Schwefelkohlenstoff getaucht
i gehalten, so sinkt die Temperatur derselben bald von
)is — 17°,8 C., statt dafs auf gleiche Weise Aether es
) — 6°,7 und Alkohol nur bis 10° herabbringt. Um die
ıstung zu verstärken, kittete er die Röhre des Wein-
ɪmometers in einen messingnen Deckel, brachte auf diese
die mit Leinwand umwickelte und in Schwefelkohlen-
etauchte Kugel in eine kleine Campane und erreichte
ıchnelles Auspumpen der Luft, dafs die Wärme dessel-
n 21°,1 bis — 56°,6, ja selbst bis — 62°,2 herabsank.
früher hatte derselbe [4] das Quecksilber durch Aether, in
n die mit Leinen umwickelte Kugel getaucht war, im
n sowohl ohne, als auch mit Anwendung von Schwe-
: zum Gefrieren gebracht und dabei dessen starke Zu-
ıziehung beobachtet; es war ihm daher ein Leichtes, die-
:h durch Schwefelkohlenstoff zu bewirken. Dieser Ver-

London and Edinb. Philos. Mag. N. XXIX. p. 377.
Poggendorff's Ann. XIX. 356.
Philos. Trans. 1813. G. XLVIII. 167. LII. 281.
Nicholson's Journ. 1813. Febr.

Digitized by Google

such geräth leicht, auch wenn das Vacuum nur 0,25 Zoll trägt; den höchsten angegebenen Kältegrad erreicht man nur, wenn das Barometer die Hälfte dieser Gröfse zeigt.

Wie überraschend aber diese Wirkungen sind, so w sie dennoch von denen übertroffen, die man durch Ver pfung der von Bussy[1] tropfbar-flüssig dargestellten schwe Säure erhalten kann, deren Siedepunct bei — 10° C. Bringt man 20 Gran Quecksilber in einem Uhrglase mit viel dieser Säure übergossen unter die Campane der Luftp so gefriert das Metall augenblicklich. Inzwischen ist Versuch sehr unbequem, denn er erfordert eine äufsere peratur unter dem Gefrierpuncte dieser Säure, also unter — und aufserdem greift zwar auch der Schwefelkohlenstoff, noch stärker die schweflige Säure die Ventile der Luftp an. Durch die mächtig erkältende Wirkung dieser Flüs kann man das Quecksilber auch ohne Luftpumpe, wen minder schnell, zum Gefrieren bringen, wenn man sie mit Baumwolle umwickelte Kugel tröpfelt und der Ver pfung in kalter, trockner Luft aussetzt. Das Quecksilb dann regelmäfsig bis — 36° C., zieht sich hierauf schnell Kugel und ist erstarrt. Unter der Luftpumpe erfolgt d frieren so schnell, dafs die Oberfläche des Metalls in Fol Krystallisation und plötzlichen Zusammenziehung uneben Tröpfelt man die Säure vorsichtig auf Wasser, so erze augenblicklich eine Hülle von Eis[2].

---

1 Schweigger's Journ. Th. XLI. S. 453 aus Journ. de Ph 1824. Avr. p. 202. Die Säure wird bei äufserer Kälte bereitet, man gleiche Theile Quecksilber und Schwefelsäure in einen bringt, den Hals desselben durch Schnee kalt erhält, die sic wickelnde Säure durch eine Röhre mit salzsaurem Kalk von der tigkeit befreit und in einem kleinen Kolben niederschlägt, wel einer Mischung von 2 Th. Schnee und 1 Th. Kochsalz liegt.

2 Bekanntlich haben verschiedene Gelehrte die Entstehu *Hagels* aus der Verdunstungskälte in den höheren Regionen zu ren gesucht, namentlich auch Idzler in seiner an Thatsachen ü chen Schrift: Untersuchungen über den Hagel und die elek Erscheinungen in unserer Atmosphäre. Leipz. 1833. S. 60 ff., a lerdings ist es verführerisch, wenn man die enormen Kältegra die hierdurch erzeugt werden; allein die hierzu erforderlichen B gungen sind in jenen Regionen nicht vorhanden, und unter chen, wie sie daselbst gegeben sind, würde es unmöglich seyn,

§9) Auf die starke Verdampfung des Wassers im luftlee-
ume hat Wollaston[1] die Construction seines *Kryopho-*
on *χρίος*, Eis, Kälte und *φέρω*, ich trage, also nicht
horus), eines höchst sinnreich ausgesonnenen Apparates,
det, in welchem das Wasser durch seine eigene Ver-
ng gefrieren gemacht oder die Kälte in die Entfernung
n wird. Der Kryophorus besteht aus einer etwa 2 bis Fig.
fs langen Glasröhre von der Weite einer gewöhnlichen 67.
terröhre und zwei etwa 1 bis 2 Zoll im Durchmesser
en Kugeln an den Enden derselben, welche nach der
hen Seite hin rechtwinklig gebogen sind. Die eine die-
geln ist in eine Spitze ausgezogen; das Instrument wird
diese mit Wasser so gefüllt, dafs die eine Kugel etwa
ll ist. Man läfst dann dieses Wasser anhaltend, wohl
unde lang und darüber, heftig sieden, um alle Luft mög-
vollständig auszutreiben, wobei der Dampf sichtbar aus
itze entweicht, bläst dann mitten im Sieden, wenn die-
eht, die äufserste Spitze an der Lampe zu, oder ver-
t sie mit Siegellack so, dafs das Instrument möglichst
bleibt, wobei man es sogleich vom Feuer entfernen
und schmelzt nach dem Erkalten die Spitze ab. Ist das
ent gehörig luftleer, so vertheilt man das Wasser un-
gleichmäfsig in beiden Kugeln, taucht die eine derse-
eine kaltmachende Mischung aus Schnee und Kochsalz
ird dann in wenigen Minuten das Wasser der andern
in Eis verwandelt sehn. Es fällt von selbst in die Au-
fs für diesen interessanten Versuch, worin das Wasser
n 3 Fufs Entfernung und in einer warmen äufseren Umge-
durch seine eigene Verdampfung gefriert, nicht gerade
ltmachende Mischung erfordert wird, sondern es kommt
rauf an, das Wasser der andern Kugel durch Erkältung
zu verwandeln und dessen Temperatur einige Grade
einen Gefrierpunct herabzubringen, so dafs es den im
lossenen Raume befindlichen Wasserdampf begierig auf-

---

pt ein Gefrieren zu Wege zu bringen, geschweige denn sol-
kungen, wie sie sich in der Hagelbildung zeigen, worüber im
gel Bd. V. S. 62 das Nöthige gesagt worden ist.

[1] Philos. Trans. 1813. p. 71. Ann. of Philos. T. II. p. 130. G.
174. LII. 274 u. 279.

Digitized by Google

nimmt, welcher dann durch Dampf aus dem Wasser der
fernten Kugel ersetzt wird, so dafs auch dieses in Folge
hierdurch latent werdenden Wärmestoffes gefriert. Das Er
ten der ersten Kugel läfst sich auch durch Verdunstung
wirken, wie namentlich durch MARCET vermittelst der ers
ten Methoden geschehn ist. Die hierbei entstehende Käl
dem Unterschiede zwischen der durch Verdampfung latent
der durch die Eisbildung frei werdenden Wärme proport
WOLLASTON's hierauf gegründete Gröfsenbestimmungen
aber nur annähernd angegeben und haben daher auf eig
che Beachtung keine gegründeten Ansprüche. Eine andere
struction dieses Apparates, die ich aus einem schönen Ex
plare von WATKINS in London kenne, bietet noch gr
Fig. Bequemlichkeit dar. Eine auf 13 Zoll lang gerade Glas
68. einer etwas weiten Barometerröhre gleichend, ist an der
Seite mit einem halbkreisförmig gebogenen Theile ver
woran sich eine, hiernach vertical herabhängende Kug
3 Zoll Durchmesser befindet, deren etwa 0,1 ihres Inhalts
füllendes Wasser eine verhältnifsmäfsig grofse Oberfläch
bietet. Am andern Ende der Röhre ist ein ungefähr 35
langer, 1,5 Zoll weiter Cylinder angeblasen, worin sich de
dere, ungefähr 0,3 bis 0,25 des Inhalts ausfüllende,
Wasser befindet. Diesen Cylinder senkt man in die ka
chende Mischung, kann das Instrument ruhig in seiner
calen Richtung stehn lassen und sieht dann das Eis in
grofsen Kugel gestehn.

470) Alle frühere Kältegrade werden bei weitem übe
fen durch die Verdampfung der *liquid gemachten Kohlen*
THILORIER[1] hatte sich schon mehrere Jahre damit beschä
die Kohlensäure mittelst einer eigens hierzu construirten,
10000 Atmosphären wirkenden Pumpe tropfbar-flüssig zu
chen, und als ihm dieses gelungen war, mischte er die
standene Flüssigkeit mit Alkohol oder Schwefeläther und
dafs 50 Gramm Quecksilber in einen Strahl dieser Mis
gehalten in wenig Secunden gefroren. Noch überraschende

1 Ann. de l'Industrie et française et étrangère. T. IV. p.
Bulletin de la Soc. d'Encouragement 1830. p. 345. L'Institut 18
58. 1835. N. 126 u. 127. Poggendorff's Ann. XXXVI. 141. Ann
Chim. et Phys. T. LX. p. 427.

Phänomen, dafs ein Strahl der reinen flüssigen Koh-
in ein kleines Gläschen geleitet eine bis — 100° C.
ätzung steigende Kälte erzeugte, wodurch die Flüs-
in einen schneeähnlichen festen Körper verwandelt
Ein in den Strahl gehaltenes Thermometer ging bis
. herab, und es würde wohl bis — 93° herabgegangen
enn es ganz der Kältewirkung ausgesetzt worden wäre.
ER hat diese Entdeckung später weiter verfolgt, die
verbessert und durch die feste Kohlensäure den Phy-
n Mittel gegeben, die Gefrierpuncte derjenigen Körper
uchen, die allen früher bekannten Mitteln trotzten,
nten bei der Untersuchung des Gefrierens weiter die
n wird. Der Apparat, dessen man sich in Paris zu-
ente[1] und durch dessen Zerspringen am 30sten Dec.
r Gehülfe HERVY den Tod fand, indem ihm beide
zerschlagen wurden, besteht aus einem gufseisernen Fig.
von 0,487 Met. Höhe, 0,271 Met. Weite und 0,054 69.
ke. In seiner Mitte ist er zwischen zwei Säulen B B
gen, so dafs er sich hin und her wiegen läfst, um den
sser durch einander zu schütteln. Der innere Raum b b
t doppeltkohlensaurem Natron angefüllt und dieses
n hölzernen Cylinder festgestampft, dann bringt man
len, am einen Ende verschlossenen Cylinder A so
dafs er in dem Salze feststeckt, füllt ihn mit Schwefel-
d verschliefst den Apparat durch einen zugeschraubten
in welchem sich ein kupferner Hahn befindet, um nach
von der Kohlensäure herauszulassen. Die Reaction
sogleich, durch Schaukeln verbreitet sich die Schwefel-
erall, die entbundene Kohlensäure wird durch den hef-
uck tropfbar-flüssig und selbst schneeartig fest. Man
durch das aufgeschraubte Rohr D in den Cylin-
bergehn, und wiederholt die Bereitung so oft, bis
mit einer genügenden Menge tropfbar-flüssiger Koh-
angefüllt ist, die dann, wenn man einen Theil in
entweichen läfst, durch die erzeugte Verdunstungskälte

---

urnal de Chimie médicale N. II. T. VII. 2me Sér. p. 57.
nung daselbst ist nur ein undeutlicher Holzschnitt.

Digitized by Google

F. Wirkungen der Wärme.

1) Ausdehnung der Körper durch dieselbe

471) In allen bisherigen Untersuchungen ist die W
oder eigentlicher der Wärmestoff, in Beziehung auf seine
bindung mit wägbaren Stoffen, stets als repulsive Potenz o
Träger dieser Potenz betrachtet worden, und es würde über
seyn, hier nochmals vom *stabilen Gleichgewichte* der K
zu handeln, welches darin besteht, dafs die Atome der K
einander anziehn, zugleich aber die sich einander abstoß
Elemente des Wärmestoffes anziehn, so dafs aus dem C
dieser beiden Kräfte der beharrliche Zustand der Fes
tropfbaren Flüssigkeit oder Gasform entsteht. Hieraus
unmittelbar, und man darf wohl sagen nothwendig, da
Vermehrung der Wärme die Molecüle der Körper von
einander entfernen, also die Massen ausdehnen müs
auch mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt; es
aber keineswegs daraus, dafs die Wärme eine eigenth
stofsung, als Wirkung in die Entfernung, ausübe. Soll
ses statt finden, so müfsten die zwischen den abge
Körpern aufgehäuften Wärmeatome sowohl mefsbare M
messer haben, damit ihre Anhäufung eine mefsbare Grö
dete, als auch sich bei dieser Anhäufung im Zustande d
befinden, welches beides mit den bekannten Erscheinu
Wärme im Widerspruche steht. Die Wärme wird da
Anziehung der Molecüle wägbarer Körper zurückgehalte
zwar mit einer solchen Kraft, dafs sie bei dem Entweich
denselben sogar Theilchen in Dampfform mit sich fo
wenn der Flüssigkeitszustand der Körper dieses erlaubt.
sie sich aber ohne dieses von den Körpern, so tritt di
Bewegung ein, die wir *Strahlung* nennen, wobei sie
schneller Bewegung stets wieder an einen andern Körp
weit unsere genugsam begründeten Erfahrungen reichen
geht. Die Repulsion der Wärme wirkt nie anders, a
Adhäsion ähnlich in unmefsbare Ferne, wie sich auffa
den Erscheinungen zeigt, die Leidenfrost's Versuch (§.
darbietet, und wenn auch eine Art rückwirkender Abs
beim Uebergange aus einem Körper in den andern bei
telbarer Berührung ihrer Flächen statt fände, wie ein

g der Oscillationen des *Wacklers* annehmen (§. 285 ff.),
eses noch immer keine Wirkung in die Entfernung.
ysiker wollen aber eine durch Wärme erzeugte *Repul-*
s unzweifelhaften Phänomenen folgern. In den neue-
en ging Libri[2] mit dieser Hypothese voran, die er
lich auf die Thatsache stützte, dafs Tropfen von Flüs-
die an Drähten hängen, der Schwere entgegen sich
bewegen, wenn man das Ende der Drähte erhitzt, zu-
r fand er eine Bestätigung derselben in dem Verhal-
r Flammen, die sich (scheinbar) abstofsen, wie denn
e Repulsion Ursache derjenigen Wirkungen seyn soll,
Avy's Drahtgeflechte (§. 150 u. 151) zeigen. Für die
von ihm aufgestellte Hypothese einer der Wärme zu-
n eigentlichen Repulsion erklärte sich aufser Andern
zelius[3], sofern das Aufsteigen der Tropfen an er-
rähten daraus erklärbar werden sollte; Fresnel[4]
durch veranlafst, seine bekannten Repulsionsversuche
1, Saigey[5] beobachtete bei seinen Untersuchungen
ckelung des Magnetismus in verschiedenen Körpern
e, die er aus keiner andern Ursache, als aus einer
durch Wärme erklären zu können glaubte, und auch
[6] betrachtete die von Libri und Fresnel gemachten
ngen, indem er namentlich die Versuche des Letzte-
holte, als beweisend für eine solche repulsive Kraft
ie. Eigene Versuche zeigten mir jedoch die eigent-
he der durch Fresnel und Andere wahrgenommenen
en[7], und das Phänomen der abgestofsenen Tropfen
bei näherer Betrachtung als nicht beweisend, weil
vorhandenen Repulsion die *Adhäsion*, vermöge wel-
Tropfen am Drahte fortwährend hängen bleibt, nicht
r = 0 werden, mithin der Tropfen herabfallen, son-

---

l. Art. *Abstofsung*. Bd. I. S. 120.
othèque univers. T. XXXIV. p. 173. Poggendorff's Ann.

sbericht. Neunter Jahrg. Tüb. 1830. S. 45.
de Chim. et Phys. T. XXIX. p. 57 und 107. Bulletin de
om. 1825. Juin. p. 84.
assac Bullet. des Sc. math. T. IX. p. 89. 167. 239.
n. de Pharmac. T. XIV. p. 150.
l. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 547. Anm. 3.

Digitized by Google

dern auch mit einer gewissen, in Beziehung auf die häsion negativen Kraft fortgestofsen werden müfste, was bei der Glühhitze der Metalle nicht geschieht, insofern s Tropfen nie so weit von der Metallfläche entfernt, d Licht zwischen beiden durchgehn könnte (§. 273). Da beruht also auf einer durch die Hitze bewirkten Verm der Adhäsion[1]. Um dieses deutlicher zu übersehn, s Stärke der Adhäsion des Tropfens am Drahte von Temperatur = a und werde durch eine Temperatur von t Graden um $t^{\omega}x$ vermindert, so wird sie dann = seyn, worin sowohl ω als auch x bis jetzt noch u sind. Das Verhältnifs der Anziehungen, welche d Stelle ausübt, zu der der wärmeren Stelle wird $= a : (a - t^{\omega}x)$; der Tropfen wird allerdings durch fsere Kraft der kälteren Stelle von der wärmeren we allein es findet an der letzteren fortdauernd noch e hung $= t^{\omega}x$ statt. Ist aber die letztere Gröfse a klein, so dafs der Tropfen von der wärmeren S kälteren der Schwere entgegen hingezogen wird, so keineswegs aus den bis jetzt bekannten Erfahrungen bei irgend einer Temperatur = 0 oder gar negat Neuerdings hat Baden Powell[2] das Problem *stofsung durch Wärme* abermals zum Gegenstand Untersuchungen gemacht, aus denen hervorgeht, da pulsivkraft der Wärme die Capillaradhäsion nicht kann, dennoch aber zeigt sie sich so unverkennbar änderung der Gestalt Newton'scher Farbenkreise, dafs ner Ansicht, unterstützt durch eigens von ihm sel stellte Versuche, die durch Fresnel und Saigey w menen Erscheinungen als Folgen derselben zu betra sollen. Wenn wir es aber als ausgemacht ansehn Wärmerepulsion die Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten Körpern zwar zu schwächen, aber nicht aufzuhebe und zugleich berücksichtigen, dafs auch zwischen fe

1 Vergl. Poggendorff's Ann. XXII. 208.

2 Philos. Trans. 1834. P. II. p. 485. Poggendorff's An 636. Reports of Brit. Ass. Fourth Rep. p. 549. Lond. a Phil. Mag. N. LXXV. p. 317.

Digitized by Google

r sich Adhäsion statt findet, welche durch Wärme ichfalls geschwächt wird, ohne dafs eine gänzliche g derselben oder gar ein Uebergang zum Negativen factisch erwiesen ist, dafs ferner der Abstand zwischen ur Erzeugung Newton'scher Farbenringe nur äufserst n darf, so dafs die kleinste ungleiche Ausdehnung r durch Wärme leicht merkliche Veränderungen er- nn, so dürfen wir wohl eine in mefsbare Entfernung Repulsion der Wärme als bis jetzt noch problema- chten, obgleich eine Schwächung der Attraction, ver- cher die Molecüle der Körper sich gegenseitig an- l eine hieraus folgende Ausdehnung keineswegs zwei- n kann. Die Versuche von R. Addams[1], wonach und sonstige feine Pulver den erhitzten Platinge- iger, als den kalten adhäriren, dienen als Bestäti- durch Wärme verminderten Anziehung; wenn aber als einen Beweis für wirklich statt findende Repul- rscheinung anführt, dafs Schwefel, zwischen zwei n erhitzt, sich von der unteren heifseren trennt und re kältere anlegt, so gehört dieses zu der grofsen Destillationen und Sublimationen, wobei zur Dampf- chte Körper mit Verlust eines Theiles ihrer Wärme ältere Körper anlegen, wovon später die Rede

Zwischen den einfachen und auch den zusammen- Molecülen der Gase und Dämpfe findet allerdings statt, so dafs jene Atome selbst durch die bewegte t fortgeführt werden; allein daraus folgt nicht, dafs en, welche die Wärme durch Anziehung binden, ihre Wärme sich abstofsen sollten; die Abstofsung molecüle tritt vielmehr erst dann ein, wenn sie von Wärmesphären umgeben sind, dafs ihre Anziehung = 0 wird, und sie daher der Bewegung der Wärme sich dieses in der Dampfbildung augenfällig zeigt.

Versuch, die Ausdehnungen aller Körper, von wel- gatform sie auch seyn mögen, auf ein allgemeines ückzuführen, hat Schitko[3] gemacht, und es ist

. and Edinb. Phil. Magaz. N. XXXVI. p. 415.
daselbst. N. XLVI. p. 189.
ier Zeitschrift. Th. IV. S. 486. Th. VI. S. 138.

Digitized by Google

leicht, die Principien kurz darzustellen, von denen er hi
ausgeht. Ist das anfängliche Volumen eines Körpers = v
dehnt er sich, von irgend einem Puncte des Thermometers
gehend, durch eine gegebene Vermehrung der Wärme u
aus, so ist bei der erhöheten Temperatur sein Volumen

$$v' = v\left(1 + \frac{1}{m}\right).$$

Wird diesem Körper abermals eine gleiche Menge Wär
geführt, so wird sein Volumen

$$v'' = v'\left(1 + \frac{1}{m}\right) = v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^2,$$

also überhaupt für eine gleiche Menge von Wärmeincre
die x heifsen möge,

$$v = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^x.$$

Dieses soll bei den expansiblen Flüssigkeiten statt finde
zwar schon von Andern gleichfalls behauptet worden ist, k
wegs aber mit der allgemeinen Erfahrung übereinstimmt u
nicht aus dem wesentlichen Verhalten der Wärme, welch
ihre Repulsivkraft die Molecüle der Körper weiter von
der entfernt, sofern uns dieses, jedoch nur unvollkomm
kannt ist, nothwendig folgt. Schitko deutet zwar be
Argumentation an, dafs man eigentlich vom natürlichen
absoluten, Nullpuncte ausgehn müsse, allein was hier
läfst sich auch für jedes Intervall der Thermometersca
tend machen, wenn wir eine gegebene Temperatur st
vielmehr = z + t setzen, wonach dann die Zunahme ein
= z + t; z + 2t; z + 3t ... z + nt bilden wür
Summe der Grade unterhalb t = z gesetzt, wodurch je
Verhältnifs nicht abgeändert wird, da jedes Glied durch
vidirt werden kann. Soll nämlich dem nach einer g
schen Reihe wachsenden Volumen

$$= v;\ v\left(1 + \frac{1}{m}\right);\ v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^2 \ldots v\left(1 +$$

eine die erweiterten Räume ausfüllende proportionale
Wärme zugeführt werden, so müfsten die Temperaturen
falls in einer Reihe

$$t\left(1+\frac{1}{m}\right); t\left(1+\frac{1}{m}\right)^2 \ldots\ldots t\left(1+\frac{1}{m}\right)^n$$

, was aber nicht der Fall ist. Wir kennen aber, wie ge-
e Gesetze der Wärme in dieser Beziehung zu wenig,
rüber etwas Bestimmtes festzusetzen. Gegen den aus
ahrung entnommenen Beweis der gleichförmigen Aus-
gasförmiger Körper führen die Anhänger der hier in
henden Theorie das Argument an, dafs eben die ther-
schen Substanzen sich gleichfalls nach einer geometri-
eihe ausdehnen und daher ein unrichtiges Mafs abge-
in Beweis der gleichmäfsigen Ausdehnung expansibler
eiten scheint mir aber in ihrer specifischen Wärmeca-
u liegen, welche für gleichmäfsige Volumensvermeh-
unehmend wächst (§. 438), so dafs hiernach also das
rte Verhalten von dem statt findet, was die angege-
pothese annimmt.

delt es sich um das Gesetz der Ausdehnung fester oder
flüssiger Körper, so setzen diese der Ausdehnung ei-
ihrer Volumensvermehrung abnehmenden Widerstand
, und Schitko glaubt, dafs diese Abnahme im qua-
n Verhältnisse, der Schwere analog, statt finde. Man
dann vorstellen, dafs die Incremente, um welche sich
er wegen verminderten Widerstandes mehr ausdehnt,
en vermehrten Einfluss der Wärme entstehn, und es
dann, um was die Wärmegrade x vermehrt werden
damit dieser Bedingung genügt werde. Heifst ein sol-
ement der Wärme, welches der Vergröfserung des
in Folge des verminderten Widerstandes zugehört,
d ist das Volumen eines Körpers für den ersten Wär-
ei constantem Widerstande $v = 1 + \frac{1}{m}$, so wird die-
nen bei abnehmendem Widerstande

$$v' = v\left(1+\frac{1}{m}\right)^{\alpha} = \left(1+\frac{1}{m}\right)^{1+\alpha}.$$

zweiten Wärmegrade würde das Volumen

$$v'' = v'\left(1+\frac{1}{m}\right) = \left(1+\frac{1}{m}\right)^{2+\alpha},$$

Widerstand unverändert derselbe bliebe, wie er am

Ende des ersten Wärmegrades war. Da er aber wieder u
läfst und dadurch die Ausdehnung um so viel zunimm
wenn die Temperatur um 3α erhöht worden wäre, so w
eigentliche Volumen desselben

$$v''' = v'' \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{3\alpha} = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{2+4\alpha}.$$

Aus gleichen Gründen ist das Volumen beim dritten W
grade

$$\left(1 + \frac{1}{m}\right)^{3+9\alpha}$$

und überhaupt bei x Wärmegraden

$$v = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{x+\alpha x^2}.$$

Nennt man $\frac{1}{m} = \mu$, so erhält man

$$v = \left(1+\mu\right)^{x+\alpha x^2}$$

oder

$$\text{Log.}\, v = (x + \alpha x^2)\, \text{Log.}\,(1 + \mu).$$

Zur Bestimmung von α und μ sind zwei Versuche er
Sind dann für zwei Temperaturen x und X die Volum
V bekannt, so erhält man

$$\text{Log.}\, v = (x + \alpha x^2)\text{Log.}(1 + \mu),$$
$$\text{Log.}\, V = (X + \alpha X^2)\text{Log.}(1 + \mu),$$

also

$$\text{Log.}\,(1+\mu) = \frac{\text{Log.}\, v}{x + \alpha x^2} \text{ oder} = \frac{\text{Log.}\, V}{X + \alpha X^2},$$

$$\alpha = \frac{x\,\text{Log.}\, V - X\,\text{Log.}\, v}{X^2\,\text{Log.}\, v - x^2\,\text{Log.}\, V}.$$

Schitko zeigt in vielen Beispielen, dafs diese Form
giebt, die mit den durch Beobachtung gefundenen s
übereinstimmen; inzwischen ist hier nicht der ge
in eine nähere Untersuchung einer Theorie einzugehn,
nicht unbedingten Beifall finden dürfte.

Digitized by Google

a) Ausdehnung fester Körper.

?) Um auch hier die im Art. *Ausdehnung* befolgte Ord-
izubehalten, möge zuerst von der Ausdehnung fester Kör-
andelt werden, wobei sich von selbst versteht, dafs nur
e hier berührt werden kann, was seitdem neu hinzu-
en oder verbessert worden ist. Aufser einigen, zu be-
ı Zwecken construirten Apparaten hat man im Allge-
die bereits beschriebenen beibehalten, als neu ist jedoch
: angegeben, welchen JAMES NASMYTH[1] in Vorschlag
hat. Derselbe besteht aus einer am einen Ende zuge- Fig.
enen, etwa 1 Zoll weiten und 4 Zoll hohen Glasröhre, 70.
it einer messingnen Fassung und einem abzuschrauben-
kel, in welchem sich eine bis 3 Fufs lange, an beiden
ffene, in Zoll und Linien getheilte Thermometerröhre

Bei unter sich vergleichbaren Versuchen nimmt man
zu untersuchenden Körpern gleich grofse Stücke, wel-
Röhre A fast ausfüllen, bringt sie in das bereits darin
he, bis zu einer mittleren Temperatur erwärmte Was-
hraubt den Deckel BB auf und bringt vermittelst der
Schraube C das Wasser auf den Nullpunct der Scale.
rwärmt man den Apparat in heifserem Wasser bis zu
iheren Temperatur, bemerkt den Stand, welchen das
hierdurch in der Röhre erreicht, wiederholt den Ver-
it gleich grofsen Stücken anderer Metalle auf dieselbe
und erhält hierdurch aus den erreichten Scalentheilen
lbar die verhältnifsmäfsige Ausdehnung. Kennt man
ı Kubikinhalt der Scalentheile und zieht man von der
teten Ausdehnung die vorher bestimmte des Wassers ab,
lt man die kubische Ausdehnung des untersuchten Kör-
'OGGENDORFF[2] bemerkt mit Recht, dafs dieser Apparat
e Abänderung des bereits von DULONG und PETIT in
lung gebrachten sey[3] und dafs man bei vielen, nament-
ystallisirten Körpern wegen ihrer nach den Axen un-
ı Ausdehnung von der kubischen nicht auf die lineare
en könne.

Edinburgh Journ. of Science. N. XII. p. 125. Poggendorff's Ann.

Dessen Ann. a. a. O.

S. Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 577.

Digitized by Google

473) Die Gröfse der Ausdehnung fester Körper, nam-
lich der Metalle, war schon früher mit so grofser Genau-
ermittelt worden, dafs hier nur wenige neue Bestimmungen na-
tragen sind. Dahin gehört die Ausdehnung des Messings, w-
Sabine[1] nach den Schwingungen messingner Pendel-
bestimmte und kleiner fand, als die früheren Versuche
geben haben. Die geodätischen Messungen, welche Hass-
in den nordamericanischen Staaten anstellte, veranlafsten
zu Newark in Newjersey die Ausdehnung der gebrauchte-
sernen und messingnen Stangen zu messen, und die hier-
haltenen Bestimmungen dürfen wohl als vorzüglich genau
Navier[3] mafs an den Röhrenleitungen zu Paris die A-
nung des Gufseisens und Struve[4] die des Tannenholzes
ches zur Aufstellung des grofsen Refractors auf der Ste-
zu Dorpat gebraucht wurde. Parry[5] hatte Gelegenhe-
Ausdehnung der Körper durch Wärme in sehr niedrige-
peraturen zu messen; er versuchte dieses auch bei
Metallen, fand aber, dafs auch das zu den Mefsappa-
nende Holz sich durch die Wärme ausdehnte, und b-
sich daher, diese letztere Gröfse zwischen — 40° und +
C. zu bestimmen. Für diesen Temperaturunterschied
eine Vergröfserung des Volumens = 0,0008333, welch-
100° C. sehr nahe 0,00150 giebt, und also die lineare
dehnung des Holzes = 0,0003, mit der durch Struve
denen Bestimmung für Tannenholz sehr nahe übereinsti-
Die bereits vielseitig gemessene Ausdehnung einiger ga-
Metalle suchte auch Prinsep[6] näher zu bestimmen und
die in der angehängten Tabelle aufgenommenen Gröfsen.
Veranlassung zu diesen Messungen ging aus dem Bed-

---

1 An Account of Experiments to determine the figure
Earth. Lond. 1825. 4. p. 207.

2 Trans. of the Amer. Phil. Soc. held at Philad. New Se-
p. 224.

3 Mém. de l'Instit. 1827. p. 454.

4 Beschreibung des grofsen Refractors von Fraunhofer
1825. fol. S. 4.

5 Appendix to Capt. Parry's second Voyage. Lond.
p. 252.

6 Aus Journal of Asiatic Soc. 1833. Mars, in Biblioth. u-
1835. T. LVIII. p. 160. Ann. des Mines. T. IX. Liv. II. p. 27.

Digitized by Google

die bei den geodätischen Messungen zu Barakpoor ge-
n Mefsstangen mit genügender Schärfe für die Tem-
zu corrigiren. Zur Vergleichung dienten sehr fein ge-
talons, die aus London mitgenommen worden waren; das
geschah durch stark vergröfsernde Mikroskope, die Er-
g bis zur Siedehitze des Wassers mittelst Dampfes, und
dere wurde die Vorsicht angewandt, die erzeugte Tem-
der Stäbe eine hinlänglich lange Zeit zu erhalten, da-
sich durch die ganze Masse derselben ausbreiten konnte,
dürfen demnach diese Bestimmungen, insbesondere die
Eisen mit Beschränkung auf die untersuchte eigenthüm-
rte, für sehr genau gelten. Einer besonderen Untersu-
unterwarf Hällström[1] die Ausdehnung des Glases,
er sich zu seinen wichtigen Messungen der Ausdeh-
setze des Wassers bediente, und gebrauchte hierzu den
, welchen er schon früher für ähnliche Zwecke ange-
natte. Die zu messende Glasstange befand sich in ei-
lzernen Kasten, an dessen eine Seitenwandung sie durch
ler angedrückt wurde, während sie horizontal auf Mes-
iten ruhend sich frei ausdehnen konnte; am andern
ar eine messingne Scheibe mit feinen Einschnitten auf
nde aufgesteckt, um mittelst eines Mikroskops die Ver-
; eines dieser Einschnitte in Folge der erzeugten Aus-
g zu beobachten und die Gröfse der Ausdehnung zu
. Im hölzernen Kasten befand sich das zum Erwärmen
e Wasser, dessen Temperatur bei fleifsigem Umrühren
zweier, an beiden Enden befindlichen Thermometer
it wurde. Aus Messungen zwischen 3° und 30° C.
er für die Länge der Röhre, diese bei 0° C. = 1 an-
ien,

$$L = 1 + 0{,}00000196 . t + 0{,}000000105 . t^2,$$

, die Länge und t Grade der hunderttheiligen Scale be-
n[2]. Werden hiernach die wachsenden Ausdehnungen

Aus Vetenskaps Acad. Handlingar för år 1823 in Poggendorff's
149.

Erman entwickelt aus den im Art. *Ausdehnung* Bd. I. S. 578 an-
en Messungen von Dulong und Petit für die lineare Ausdeh-
s Glases die Formel:

$$L = 1 + 0{,}000024\,t + 0{,}000000022984\,t^3.$$

Digitized by Google

des Glases bis 100° C. berechnet und mit denen verg
welche von Lavoisier und Roy unter der Voraussetzun
funden worden sind, dafs die Ausdehnung des Glases zw
diesen beiden Temperaturen sich gleichbleibend sey, so
dieses die in nachstehender Tabelle zusammengestellten W

Ausdehnung des Glases.

Temperaturen	Lavoisier	Roy	Hällström
0°	0	0	0
10	0,000087	0,000078	0,000030
20	0,000175	0,000155	0,000081
30	0,000263	0,000233	0,000153
40	0,000350	0,000310	0,000246
50	0,000348	0,000388	0,000361
60	0,000526	0,000466	0,000496
70	0,000613	0,000543	0,000652
80	0,000701	0,000621	0,000829
90	0,000788	0,000698	0,001027
100	0,000876	0,000776	0,001246

Die grofse Abweichung dieser Resultate soll auf der V
setzung einer gleichmäfsigen Ausdehnung und der Vers
heit der angewandten Glassorten beruhn; allein in Be
auf das erste Argument läfst sich zwar nach überw
Wahrscheinlichkeitsgründen annehmen, dafs wirklich eine
Temperatur wachsende Zunahme statt findet, jedoch e
starke, als sie hiernach seyn müfste, ist nach aller A
sehr unwahrscheinlich, denn wollte man auch nach d
scheinungen, welche das Thermometer[1] in der Nähe des
punctes darbietet, für diese Temperatur eine stärkere Z
menziehung des Glases annehmen, so könnten bei voll
calibrirten Röhren die dem Siedepuncte nahe liegenden
nicht mehr richtig seyn, denn die Ausdehnung des Gla
10° bis 20° beträgt 0,000051 und von 90° bis 100
weniger als 0,000219, ist also 4mal stärker und müf
merkliche Verkürzung der höhern Grade zur Folge hab
unmöglich bis jetzt der Beachtung entgehn konnte.
Ursache der so bedeutenden Abweichung in der Eig
lichkeit der gebrauchten Glassorte liegen sollte, hat m

1 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 932. Anm. 1.

Digitized by Google

ider sich, denn unter den 15 mit verschiedenen Glas- angestellten[1] Messungen beträgt der Unterschied des n und geringsten gefundenen Werthes 0,00021485, die ÄLLSTRÖM für 100° C. erhaltene Gröfse aber übertrifft ifsten jener Werthe um 0,00025500, mithin den kleinsten 00046985.

h selbst[2] mafs die lineare Ausdehnung des Glases zwi- den beiden festen Puncten des Thermometers aus der en bei zwei Glaskugeln, und fand die der einen 8517, die der andern aber 0,00088446, was durch seine instimmung mit früher erhaltenen Resultaten diesen zur gung dient. Durch ein gleiches Verfahren, aber mittelst weit gröfseren Reihe von Versuchen bestimmte auch RG[3] die Ausdehnung des Glases, wobei er zugleich eine e Art, die gefundenen Gröfsen zu berechnen, mittheilt. ein bestimmt man nämlich das Gewicht des in der Glas- nd ihrem Röhrchen befindlichen Quecksilbers, erhitzt pparat bis zur Siedehitze und findet dann das Gewicht dieser Temperatur ausgeflossenen Quecksilbers. Ist dann wicht des zwischen 0° und der Siedehitze T' ausgeflos- Metalls $= \omega'$, so wird wegen des durch den Barometer- edingten Siedepunctes das Gewicht des zwischen 0° und . ausgeflossenen:

$$\omega = \frac{100}{T'}\,\omega'.$$

lann ferner die wahre Ausdehnung des Quecksilbers zwi-)° und 100° C. Δ, die des Glases δ, so ist das Volu- s Quecksilbers bei 100° C. $= V(1 + \Delta)$ und das der $= V(1 + \delta)$, mithin das Volumen des ausgeflossenen ilbers $= V(\Delta - \delta)$. Wiegt dann die Volumeneinheit ecksilbers bei $0° = b$ und bei $100° = b'$, und setzt man $= b' V(1 + \Delta)$, so erhält man:

$$b' = \frac{b}{1+\Delta};\quad \omega = b' V(\Delta - \delta) = P\,\frac{\Delta - \delta}{1+\Delta},$$

die wahre Ausdehnung des Glases zwischen 0° und 100° nden wird:

S. oben Bd. I. S. 585.

Mém. présent. à l'Acad. Imp. des Sc. de Petersb. T. I.

Poggendorff's Ann. XLI. 279. Vergl. S. 558.

Digitized by Google

$$\delta = \Delta - \frac{\omega}{P}(1 + \Delta).$$

Hierin mufs die Ausdehnung des Quecksilbers bekannt sein, die aber durch Dulong und Petit mit hinlänglicher Genauigkeit gefunden worden ist. Wird also dieser Werth substituirt, so erhält man

$$\Delta - \delta = 1{,}018018\,\frac{\omega}{P}$$

oder

$$\delta = 0{,}018018 - 1{,}018018\,\frac{\omega}{P}.$$

Aus nicht weniger als 24 Messungen fand Rudberg den $\Delta - \delta$ so nahe übereinstimmend, dafs der gröfste Werth 0,0 der kleinste 0,015697 und das Mittel aus allen 0,01573 woraus die kubische Ausdehnung des Glases = 0,01 0,015733 = 0,002285, also die lineare = 0,0007617 Diese Bestimmung ist kleiner als alle bisher gefunden kommt der einen von Roy = 0,00077615 am nächs berg bemerkt indefs, dafs die untersuchte Glassorte Reymyra war, welches ungleich härter und daher weni dehnbar ist, als das gewöhnliche Natronglas. Zugleich sich aus diesen Messungen, dafs die Ausdehnung der Glassorte, auch wenn sie aus verschiedenen Hafen ge ist, keine merkliche Aenderung der Ausdehnung zeigt.

474) Es ist gegenwärtig nicht mehr zweifelhaft, da den gasförmigen alle Körper bei wachsender Wärme nehmend ausdehnen, wobei indefs eine anfangs statt Zusammenziehung einiger Flüssigkeiten, welche den P gröfsten Dichtigkeit erzeugt, Berücksichtigung verlangt, ebenso ausgemacht wird betrachtet, dafs im Ganzen gas Körper für gleiche Temperaturzunahmen am stärksten, tro flüssige weniger und feste am wenigsten eine Zunahme Volumens erhalten. Bei den Bestimmungen hierüber bietet ein bedeutendes, leider aber unvermeidliches, Hinder sofern man verlangt, dafs die tropfbar-flüssigen Körper den festen unterschieden werden, was übrigens aus dem gebenen Grunde der bedeutend ungleichen Ausdehnung wohl anders geschehen kann, obgleich der Uebergang aus einen dieser Aggregatzustände in den andern bei sehr ungle Temperaturen erfolgt und daher bei manchen dieser Ueber

Digitized by Google

wischen beiden festen Puncten des Thermometers, beim ade bei 0° C. und bei einigen Körpern unter 0° C. er- Im Allgemeinen pflegt man diejenigen Körper flüssig ien, die sich bei mittleren Temperaturen oder noch ter über dem Nullpuncte des Thermometers in diesem zustande befinden. Hieraus geht aber hervor, dafs für Körper schon bei Temperaturen, die zwischen den bei- n Puncten des Thermometers liegen, ganz verschiedene ihrer Ausdehnung zur Untersuchung kommen, je nach- sich in dem einen oder dem andern dieser Aggregat- befinden, wozu dann noch eine neue über ihr Ver- im Uebergange aus dem einen in den andern kommt. hung auf Eis wufste man schon lange, dafs es sich bergange in den tropfbaren Zustand bedeutend zusam- ; ebenso bekannt ist dieses vom Wismuth und eini- ern Substanzen, allezeit setzte man aber ein eigenes er Ausdehnung für den Zustand der Festigkeit und ein erschiedenes für den Flüssigkeitszustand voraus, ohne zunehmen, dafs auch bei festen Körpern ein ähnliches n statt finde, als bei den tropfbar-flüssigen, vermöge ie in der regelmäfsig fortschreitenden Ausdehnung wie- wärts gehen und einen Punct der gröfsten Dichtigkeit Es war daher eine interessante Entdeckung G. A. Er- diese Eigenschaft beim *Rose'schen Metall* (2 Th. Wis- Th. Zinn und 1 Th. Blei) wahrzunehmen, und es lerdings der Mühe werth, auch andere, nicht sehr sige Körper in dieser Hinsicht zu untersuchen. Die er Ausdehnung bestimmte er aus dem specifischen Ge- ieser Legirung vermittelst der Abwägungen in Olivenöl, bei die Temperatur des Metalles durch unmittelbare , da es unmöglich war, sie aus der des Oeles zu be- und fand auf diese Weise das merkwürdige Verhalten örpers, welches aus der graphisch dargestellten Linie usdehnung für Grade nach R., wobei 0,1 des Volu- i 0° R. als Mafsstab dient, am deutlichsten übersehn Von 0° bis 35° R. ist die Vergröfserung des Volumens Fig. 71.

---

ationis quae inter volumina corporis eiusdem: solidi, liquefacti, liquidi, intercedit specimen. Berol. 1826. 4. Im Auszuge in Pogg. Ann. IX. 557.

Digitized by Google

den Zunahmen der Temperatur fast genau proportional, folgt eine rasche Verminderung bis 55° R. und sofort w stark zunehmende Vergrößerung, die über dem Schmelzp bei 75° R. noch nicht aufhört, sondern bis 80° R. fortgeh wo an eine der anfänglichen fast gleiche Ausdehnung des sigen Metalls eintritt, die der Regel zuwider etwas klein als die des starren Metalles vom Gefrierpuncte des W an. Es wäre allerdings der Mühe werth zu ermitteln, ob ses aufsergewöhnliche Verhalten durch das sehr krystalli Wismuth allein oder durch dessen Verbindung mit den beiden Metallen bewirkt wird.

Interessant ist gleichfalls die Auffindung der Ausde des *Phosphors* im festen Zustande, verglichen mit der im sigen. Die Wägungen geschahen hierbei im Wasser fand sich der Regel gemäfs die Ausdehnung des flüssigen ker, als die des festen, in beiden mit nicht merklicher Zu bei wachsenden Temperaturen; im Augenblicke des Sc zens zeigte sich aber eine sehr auffallende Vergrößerung Volumens. Erman fügt noch die Bemerkung hinzu, da ses Verhalten der untersuchten Körper sehr zur Unterstützung Hypothese dient, wonach der Aggregatzustand der Körpe die Ausdehnung derselben durch den Conflict der Attraction Molecüle und der repulsiven Kraft des Wärmestoffs bedingt

475) Die Ausdehnung nicht metallischer fester Körp der Steine, des Mörtels u. s. w., betrachtet man meist so gering, dafs sie für die praktische Anwendung keine B tung verdient, und aufserdem sind die Messungen dieser G ausnehmend schwierig, weil man diese Körper nicht in hinlänglich langen Stangen erhalten kann, wie bei den V chen mit Metallen geschieht. Inzwischen hat man wahrge men, dafs hohe Thürme durch den Einflufs der Sonne einseitige Beugungen erhalten[2], wodurch der Stand der as mischen Werkzeuge verrückt wird, und wenn die allge Erfahrung zeigt, dafs alle Arten von Töpferwaare durch Hitze des Brennens schwinden, so findet diese Zusamme hung doch nur so lange statt, bis sie gehörig zusammen

1 Vergl. theoretische Untersuchungen hierüber von W. S. ker in Edinb. Journ. of Science New Ser. N. 1. p. 17.

2 Boccera machte nach einer Beobachtung an einem Steinpflaster dem Aequator zuerst hierauf aufmerksam. S. Industriel 1829. Jan. S.

t gebrannt) sind, nachher aber dehnen sie sich aller-
ırch Wärme aus, wovon man sich namentlich durch
ngen des Porcellans bei rascher Erhitzung überzeugt;
›e ich gesehen, dafs ein Porcellan-Ofen in Wien den
ten eisernen Reifen durch seine Ausdehnung in Folge
tzung gesprengt hatte. Durch feine Versuche ist es
, die Gröfse der Ausdehnung verschiedener derartiger
zu messen. So soll, jedoch nur annähernd genau, die
ung des weifsen Marmors 0,001 und die des schwarzen
ür 100° C. betragen[1]. Nach Versuchen von W. Bart-
›eträgt die Ausdehnung des Marmors (ohne Angabe der
welche allein wohl schwerlich einen solchen Einfluſs
ınn, dafs sie die Ausdehnung auf weniger als die Hälfte
ringen vermöchte, indem dieses vielmehr eine Folge der
en Beschaffenheit dieses Gesteins seyn mufs) 0,0010202.
ırselbe hat auch genauere Bestimmungen für Sandstein
nit gefunden, die in der unten folgenden Tabelle aufge-
worden sind. Die zahlreichsten Versuche, und wohl die
en über diese Aufgabe, hat Anik[3] angestellt, indem er
ei eines eigens construirten Apparates bediente, welcher
ın 30000sten Theil eines englischen Zolles angab und
elbst kleinere Stangen, Würfel und Parallelepipeda zu
gestattete. Im Allgemeinen fand er die Längenausdeh-
er untersuchten Steine und Mörtel der des Gufseisens
he kommend; die einzelnen Werthe enthält die Tabelle.
' bemerkte die Ausdehnung der Steine an einer bei
über die Dordogne gebaueten Brücke anfänglich nur im
inen, und als er sich von der Thatsache hinlänglich
;t hatte, mafs er mit einem eigens construirten Apparate
fse der Ausdehnung dieses feinkörnigen weifsen Kalk-
lie er für 100° C. = 0,000251 fand[5]. Sorgfältiger ver-
stigny[6], indem er die Ausdehnung der von ihm ge-

'he London and Paris Observer. 1831. Sept.
mer. Journ. of Science T. XXII. p. 136. Biblioth. univ. 1833.
Edinburgh New Annals of Philos. N. XXVI. p. 304.
'Institut 1835. N. 113. p. 222. Biblioth. univ. 1837. Juin. p. 403.
rend. T. I. p. 56. Ann. des Mines T. IX. Liv. II. p. 275.
ınn. de Chim. et Phys. 1824. Dec.
Ebend. 1827. Dec.
ndustriel. 1829. p. 453. Dingler's polytechn. Journ. XXXIII. S. 295.

Digitized by Google

messenen Steine aus dem Unterschiede zwischen ihrer ei
und der bekannten des Eisens und Kupfers bestimmte, w
der Controle wegen beide angewandt wurden. Eine der u
suchten Steinarten, die von St. Leu, mafs er auch im troc
und nassen Zustande, nahm hierbei aber keinen Unter
wahr. Auf ähnliche Weise untersuchten auch John Dun
Edward Sang[1] die Ausdehnung des schwarzen und w
Marmors, indem sie dieselbe mit der des Glases verg
Um die letztere für die hierbei anzuwendenden Glasröhre
nauer zu ermitteln, bliesen sie eine der Röhren zu einer
mit einem Haarröhrchen auf, füllten diesen Apparat mit
destillirtem Quecksilber, erhitzten ihn dann bis zur Sied
wogen das ausgelaufene Quecksilber, und indem sie di
Laplace im Système du Monde angegebene Ausdehnu
Quecksilbers von $\frac{1}{5412}$ für jeden Grad der Centesimalsc
Grunde legten[2], fanden sie hiernach die lineare Ausdehnu
Glases = 0,000988. Ihre Versuche ergaben, dafs der
Marmor mehr, der schwarze weniger als das Glas au
wurde, denn beim ersten betrug sie 0,001072, beim le
0,000426. Dieses stimmt damit überein, dafs die dichtere
per sich weniger ausdehnen, denn das specifische Gewi
weifsen war 2,65, das des schwarzen dagegen 3,0.

476) Viele, wohl die meisten Körper dehnen sich dur
nehmende Wärmegrade zunehmend aus, wie im Art. *Ausd*
bereits erörtert wurde. Daniell[3] hat das, was hierüber be
war, durch eine bedeutende Menge von Thatsachen vermehrt,
er sich zum Messen der höheren Temperaturen seines Re
Thermometers bediente. Seine Messungen begannen von
(16°,67 C.) und gingen dann zuerst bis zum Siedepunk
Wassers, demnächst bis 662° F. oder 350° C., endlich bi
Schmelzpuncte derselben, und zeigen, dafs alle von ihm
suchte Körper sich zunehmend ausdehnen, aufserdem ab

---

1 Edinburgh New Philos. Journal. N. XXI. p. 66.

2 Diese Bestimmung ist gröfser, als die von Dulong und
gefundene = $\frac{1}{5550}$ für jeden Centesimalgrad. Hiernach mufs
Beobachter die Ausdehnung des Glases zu geringe und somit
Marmorarten zu grofs finden. Der Unterschied ist nicht sehr
tend, allein es fällt auf, dafs sie dennoch die Ausdehnung des
so grofs fanden.

3 Philosoph. Trans. 1831. p. 443 ff.

ıfserordentliche Weise beim Schmelzpuncte. Als allge-
Bemerkung darf noch hinzugesetzt werden, dafs die
hnung der Legirungen nicht die mittlere der vereinten
ist, sondern eine eigenthümliche, die jedoch durch diese
wird. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der
aden linearen Ausdehnungen für die zugehörigen, auf
nalgrade reducirten Temperaturen, die Länge bei 16°,67 C.
heit angenommen.

Substanzen.	Ausdehnung für 83°,33	333°,33	Schmelz-punct.
Waare (0,75 Graphit, Thon)	1,000244	1,000703	. . . .
od-Waare	1,000735	1,002995	. . . .
. . . . .	1,000735	1,002995	. . . .
eisen	1,000984	1,004483	. . . .
. . . . .	1,000893	1,003943	1,016389
. . . . .	1,001025	1,004238	. . . .
. . . . .	1,001430	1,006347	1,024376
. . . . .	1,001626	1,006886	1,020640
. . . . .	1,002480	1,008527	1,012621
. . . . .	1,002323	. . . .	1,009072
. . . . .	1,001472	. . . .	1,003798
(0,25 Zink) . . .	1,001787	1,007207	1,021841
),25 Zinn)	1,001541	1,007053	1,016336
),2 Zinn, 0,8 Kupfer) .	1,001696	. . . .	1,003776
Metall	1,001696	. . . .	1,004830

Platin schmilzt bekanntlich nicht, seine Länge betrug
der gröfsten erlangten Hitze 1,009926, und die des
isens beim Schmelzpuncte des Gufseisens 1,018378.

neu aufgefundenen Bestimmungen der linearen Aus-
ür einen Temperaturunterschied zwischen den beiden
ıcten des Thermometers, also für 80° R. oder 100° C.,
des Körpers bei 0° als Einheit angenommen, sind in
den Tabelle mitgetheilt, aufserdem einige wenige Ver-
n der früheren Tabelle, die zur Unterscheidung ein
(*) haben.

Digitized by Google

gehören und keine doppelte Strahlenbrechung zeigen, d
sich nach allen Seiten gleichmäfsig aus. 2) Krystalle,
primitive Form ein Rhomboëder oder sechsseitiges Pri
verhalten sich in der Richtung der Hauptaxe anders geg
Wärme, als in der der Nebenaxen. Der Kalkspath z. B.
sich in der Richtung der Hauptaxe, die beide Winkel m
ander verbindet, anders aus, als nach den Nebenaxen, di
auf senkrecht stehen; indefs ist bei letzteren in diesen S
die Ausdehnung gleich. 3) Krystalle, bei denen die d
Strahlenbrechung von zwei Axen abhängig ist (z. B.
primitive Figur ein Rectangulär-Oktaëder, ein Rhomben-
der ist), dehnen sich nach allen drei Richtungen ver
aus. 4) Die Ausdehnung der Krystalle steht in einem be
Verhältnifs zu den optischen Axen, und zwar so, d
kleineren Axen sich verhältnifsmäfsig stärker ausdehnen.
NEL[1] bediente sich eines sinnreichen Verfahrens, um di
anschaulich zu machen. Er leimte zu diesem Ende v
eines in der Hitze flüssigen Leims zwei dünne Blätt
stallisirten Gypses so auf einander, dafs ihre Axen un
kreuzten, und indem sie sich dann nach dem Festw
Leims beim Erkalten blofs nach einer Richtung stark
menzogen, entstand eine schiefgebogene Platte. Mit
LICH[2] verfolgte die Erscheinung weiter, aus welcher na
tiger Ansicht unverkennbar hervorgeht, dafs die Mole
den durch die Axen bezeichneten Richtungen verschi
geordnet sind, was jedoch bei den zum regulären Sys
hörigen, z. B. der Blende und dem Spinell, nicht der
wohl aber bei denen, die zur Krystallform des Quadrat
so wie zu der des Rhomboeders und des sechsseitigen
gehören. Durch weiter fortgesetzte und oft wiederho
suche überzeugte er sich, dafs die Ausdehnung der di
erwartete Verhalten zeigenden Körper von ihren Axen
sey, sofern namentlich beim Kalkspath die gröfste Aus
in der Richtung der kleinen Axe statt finde, in wel
Atome sich am nächsten liegen, dafs die Ausdehnu
bei verschiedenen, zum nämlichen Systeme gehörigen A

1 Bullet. des Scienc. math. 1824. Fevr. p. 100. Pogg
Ann. II. 109.

2 Poggendorff's Ann. X. 137.

i sey, ohne dafs diese Ungleichheit in einem bestimm-
hältnisse zur Länge ihrer Axen stehe.

nnächst wandte er sich zu der Aufgabe, aufser der re-
Ausdehnung dieser Krystalle auch die absolute zu mes-
ierzu fand er sich um so mehr bewogen, als in Ge-
der Veränderung der Winkel beim Kalkspath die
ung desselben in der Richtung der Hauptaxe für 100° C.
42, also gröfser gefunden worden war, als die irgend eines
'ossils. Die Messung der absoluten Ausdehnung dieser
stellte er gemeinschaftlich mit Dulong nach dessen
an, und es ergab sich hieraus die Gesammt-Ausdeh-
Kalkspaths für 100° Temperaturunterschied = 0,001961,
ner, als die in einer Richtung. Wegen dieses überra-
Resultates mafs er die Ausdehnung des Kalkspaths an
cken, bei dem einen in der Richtung der Hauptaxe,
ern in der auf diese perpendiculären, mittelst des Sphä-
verglich sie zugleich mit der des Glases und fand
, dafs dieses Fossil, indem es sich in der Richtung
taxe durch Wärme ausdehnt, sich in der auf diese
zusammenzieht. Das Glas dehnt sich nach Dulong
861 aus, und da dieselbe in diesen Versuchen 0,001421
ug, als die des Kalkspathes in der auf die Hauptaxe
n Richtung, so mufste sich letzterer um 0,001421 —
= 0,00056 zusammengezogen haben. Hiernach findet
er Richtung der Hauptaxe nach der Winkelmessung
liche Ausdehnung von 0,00342 — 0,00056 = 0,00286
von die Ausdehnung nach der hierauf lothrechten abge-
bt eine totale Ausdehnung von 0,00286 — 2 × 0,00056
4, statt dafs die directen Messungen 0,001961 gege-
n, eine Abweichung, die bei so zusammengesetzten
gen für nicht grofs gelten mufs. Mitscherlich[2]
ein einfaches Verfahren angegeben, diese ungleiche
ng wahrzunehmen. Dieses kann geschehen bei geeig-
llingskrystallen, namentlich denen des Gypses, oder
liche Vereinigung zweier Stücke vermittelst eines Kit-
er die Siedehitze verträgt. In derjenigen Temperatur,
i ihrer Vereinigung hatten, liegen ihre Flächen cc, c'c' Fig. 72.

Bd. I. S. 577.
gendorff's Ann. XLI. 213.

Digitized by Google

in einer geraden Ebene und geben daher nur ein Bild. herer bilden sie einen stumpfen Winkel und geben zwe

b) Ausdehnung tropfbar-flüssiger Körp

478) In diesem Gebiete ist seit dem Erscheinen d Bandes dieses Werkes viel geschehen, welches sich a der Uebersicht früherer Untersuchungen in der dort g Ordnung anreihen lafst[1]. Ueber die *Ausdehnung de silbers* sind keine weiteren Versuche angestellt worden, darüber bereits bekannten allen Forderungen genügen. gröfserer Fleifs ist von vielen Seiten aufgewandt wor

a) Ausdehnung des Wassers

genauer zu erforschen. Ein Vorschlag von Meikl und namentlich zur Auffindung des Punctes der grö tigkeit, einen umgekehrten doppelten Heber in An bringen, möge nur beiläufig erwähnt werden, denn sieht bald, dafs für Messungen dieser Art, namentlich ser, wegen der Capillarität die Scale die erforderliche nicht erhalten kann. Bei weitem die zahlreichsten nauesten Versuche zur Aufhellung dieses Problems h STRÖM angestellt, diesen schliefsen sich die von Dis meine eigenen mufs ich gleichfalls erwähnen, und an. PFER hat einen nicht unwichtigen Beitrag hierzu gel wollen diese alle hier der Reihenfolge nach, weil auf einander beziehn, mit der nöthigen Ausführlichke ten, um zu einer sichern Grundlage der anzunehmende zu gelangen.

479) HÄLLSTRÖM[3] hatte schon früher eine Reihe suchen hierüber angestellt und nahm dann dieses Pro mals vor. Zuerst giebt er eine prüfende Uebersicht d ren Bemühungen von DE LUC, DALTON, BLAGDEN u

1 Eine sehr vollständige Zusammenstellung der bekan sachen findet man in: Dissert. phys. inaug. de dilatatione per calorem. Scr. Gzn. Simons. Traj. ad Rhen. 1828.

2 Philos. Magaz. T. LXVIII. p. 166.

3 Vetenskaps Acad. Handlingar för år 1828. Poggend I. 125.

Digitized by Google

ID, TRALLES, HOPE, G. G. SCHMIDT, CHARLES, LE-GENEAU, BISCHOF und von ihm selbst, welche sämmtlich hierher gehörigen Artikel[1] bereits erwähnt worden sind, m aber die von EKSTRAND[2], welcher sich der durch ID, TRALLES und HOPE angewandten Methode bediente it den Punct der gröfsten Dichtigkeit zwischen 3°,6 und and. Gelegentlich können hier auch noch die Versuche 's[3] erwähnt werden, welcher die Ausdehnung von verschiedenen Flüssigkeiten nach der durch DE LUC dten Methode zu bestimmen suchte; allein da er auf die ung des Glases keine Rücksicht nahm und aufserdem solchen Versuchen unerläfslichen näheren Betimmungen so sind die erhaltenen Resultate ohne eigentlichen Bei seinen neuen Versuchen bediente sich HÄLLSTRÖM inen hohen Glaskugel, die nach dem Zublasen mit eingen Uebergewichte im Wasser niedersank und aus ewichtsverluste im Wasser die Dichtigkeit desselben höriger Correction für die Ausdehnung des Glases sich iefs. Um alle Ursachen der zu begehenden Fehler it zu vermeiden, mafs er zuerst die Ausdehnung des gen Glases (§. 473), und erhielt hierfür die angegebene, von dern bedeutend abweichende Bestimmung. Diese Kugel, eines dünnen Haares am einem Arme einer feinen von HUNTER hängend, senkte er in das Wasser, dessen i einem gröfseren, mit Wasser gefüllten, stand, um die tur des Wassers im innern Gefäfse auf jede verlangte tur dadurch zu bringen, dafs man dem des äufseren entnifses Wasser oder Schnee zusetzte. Der Gewichtsverlust el, für die Ausdehnung des Glases corrigirt, gab dann iselnde Dichtigkeit des Wassers, worin sie hydrostarogen wurde, für die verschiedenen Temperaturen. Diese en wurden von 0°,8 bis 32°,5 ausgedehnt, und der Cal- die Temperatur für den Punct der gröfsten Dichtigkeit 3 C. in der Art, dafs ein Werth = 3°,678 als kleinster 1°,583 aufser den Grenzen der Wahrscheinlichkeit liegt.) Als ein schätzbarer Nachtrag zu diesen Versuchen ist

---

Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 601 ff.
ssert. acad. de max. dens. aquae inven. Lund. 1819.
ouveaux Mém. de l'Acad. de Berlin. 1784.

Digitized by Google

eine folgende Arbeit eben dieses gelehrten Physikers [illegible] trachten[1], wobei er sich der von Rumford und Tralles [illegible] gewandten Methode bediente. Er füllte ein Glasgefäß [illegible] 4 schwedischen Decimalzollen Weite bis zu 8 Zoll [illegible] Wasser, hing in der Axe desselben zwei feine und [illegible] corrigirte Thermometer auf, das eine 1,5 Z. über dem [illegible] das andere 2 Z. unter der Oberfläche, brachte das Gefäß [illegible] wechselnd in ein warmes Zimmer und in die äußere [illegible] und beobachtete den Stand der Thermometer während des [illegible] samen Erwärmens und Erkaltens. Das obere Thermometer [illegible] anfangs beim Erkalten eine höhere Temperatur, beim Erwärmen aber eine geringere, als das untere, jedoch nur bis zu [illegible] gewissen Grade, worauf dann ein entgegengesetztes Verhältniß eintrat; in beiden Fällen bewegte sich das untere langsam als das obere, und die Temperatur, wo ersteres von [illegible] eingeholt wurde, ist als dem Puncte der größten Dichtigkeit des Wassers zugehörig zu betrachten. Mit Recht [illegible] merkt, daſs Tralles zu einem falschen Schluss [illegible] wurde, indem er diesen Punct bei 4°,35 C. setzte, [illegible] Thermometer bei dieser Temperatur mehrere Tage [illegible] standen, denn dieses war die Folge des Einflusses [illegible] gleichen äuſseren Wärme und würde bei 3°,35 gleichfalls [illegible] gefunden haben. Der sichere Weg war daher, äußere [illegible] gere und höhere Temperaturen zu wählen, wie durch [illegible] ström geschah, bei dessen Versuchen die höhere 20° C. [illegible] die niedere zwischen — 4°,5 und + 3° C. lag. Wollte [illegible] noch sicherer verfahren und mögliche Fehler noch vollständig vermeiden, so dürfte es rathsam seyn, die höhere Temperatur eben so weit über, als die niedere unter 4° C. zu wählen, [illegible] man diese als diejenige betrachten kann, welche im sehr [illegible] herten Werthe dem Puncte der gröſsten Dichtigkeit [illegible] Aus 14 Versuchsreihen, deren 7 den zunehmenden und [illegible] abnehmenden Temperaturen zugehörten, ergab sich für die [illegible] der Punct der gröſsten Dichtigkeit bei 4°,575 und für die [illegible] ten bei 3°,433, also im Mittel bei 4°,004. Nach der [illegible] nung der möglichen Fehler soll aber dieses Resultat [illegible] genau seyn, als das durch Wägungen erhaltene.

481) Um dieselbe Zeit wurde ich veranlaſst, [illegible]

---

1 Poggendorff's Ann. IX. 530.

ıung der tropfbaren Flüssigkeiten eine lange Reihe von chungen anzustellen, wobei mir zwei geübte Gehülfen, Könige und insbesondere Dr. Arneth, Letzterer auch Berechnungen, sehr schätzbare thätige Hülfe leisteten[1]. Messungen dienten zwei Kugeln an genau calibrirten meterröhren. Durch sehr mühselige, aber höchst sorg- Wägungen mit Quecksilber wurde die Ausdehnung des ür ungleiche Temperaturen und der Inhalt der Kugeln , um die Werthe der willkürlichen Theile der Röhrchen, h die feinsten geätzten Linien auf ihnen bezeichnet waren, mmen. Damit die Ausdehnungen stärker wahrnehmbar waren die Kugeln, vorzüglich die eine, im Verhältnifs engen Röhren beträchtlich grofs; es mufste daher wäh- r Versuche eine gewisse Menge der Flüssigkeit heraus- ı und dann die Messung wieder fortgesetzt werden, ı jedoch der Genauigkeit der Resultate kein Abbruch Endlich ist noch zu bemerken, dafs die Thermometer geprüft waren; die Kugel des jedesmal angewandten neben der des Mefsröhrchens in der Mitte eines Ge- üt Wasser oder für höhere Temperaturen mit vorher pftem Olivenöl gehalten, während ein Gehülfe fortwäh- se Flüssigkeit mit einem Holzstäbchen umrührte; das altende Gefäfs aber stand in einem gröfseren, mit Was- üllten, oder über einer Weingeistlampe, und weil das meter der gröfseren Kugel des Mefsröhrchens leicht ilte, so wurde keine Beobachtung aufgezeichnet, bevor r Thermometerstand mehrmals mit stets kleineren Unter- ı über und unter der bestimmten Temperatur geschwankt ıd endlich mit dem Stande der Flüssigkeit im Röhrchen Zeit unverändert blieb[2]. Auf diese Weise wurden drei Beobachtungen vom Gefrierpuncte des Wassers an, wo-

---

lém. prés. à l'Acad. Imp. des Sciences de St. Petersbourg s Savans. T. I. 1830. p. 249.

liese Methode erfordert zwar viele Zeit, giebt aber sehr gesultate. Es lassen sich die Ausdehnung der Flüssigkeit im chen und die des Quecksilbers im Thermometer durch anhalscillationen einander so nahe bringen, dafs die geringsten tur-Unterschiede bei beiden eine Veränderung nach der nämsite erzeugen, was evident die Gleichheit der Wärme beider

Digitized by Google

bei zugleich zur Controle des Thermometers schme
Schnee diente, bis zum Siedepuncte angestellt; in den
ersten wurden die beobachteten Gröfsen für die jedem Ma
chen zugehörige Ausdehnung des Glases corrigirt, bei de
ten aber kam die Bd. I. S. 606 angegebene *Compens*
Anwendung[1]. Diese besteht einfach darin, dafs man
Quecksilber in die Kugel bringt, als erforderlich ist, um
dessen Ausdehnung die des Glases aufzuheben. Heifst
Compensation erforderliche Menge Quecksilber y und
Coefficient seiner Ausdehnung k (nach Dulong und Pe
für 1° C.), der Coefficient der kubischen Ausdehnung des
aber k′, so ist für die Temperatur = t die Ausdehn
Quecksilbers = ykt, die des Glases aber, die Gröfse de
nach ihrem Inhalte = v gesetzt, = vk′t, und da beide gle
sollen, erhält man $y = \frac{vk'}{k}$, wobei dann aber nicht z
sehn ist, defs die Quantität der in der Kugel b
Flüssigkeit um so viel geringer wird, als die des a
nen Quecksilbers beträgt. Diese Compensation ist se
pfehlen; denn da die hiermit erhaltene Beobachtung
zwei andern verglichen wurde, zeigte sie sich bei de
nung als hinlänglich genau, obgleich sie nur zur Pr
Zulässigkeit dieser Compensation angestellt wurde.

482) Es schien mir am angemessensten, das Mi
allen drei Beobachtungsreihen zu nehmen und hie
Curve der Ausdehnung des Wassers nach der von
Young angegebenen Formel

$$\Delta v = at + bt^2 + ct^3 + dt^4$$

zu berechnen, die dann zugleich für $\frac{d.\Delta v}{dt} = 0$ das M
oder den Punct der gröfsten Dichtigkeit = 3°,78 g
zwischen hatte sich die erwähnte Compensation der
nung des Glases durch Wärme so befriedigend ge
dieses den Wunsch erzeugte, vermittelst der Anwend
selben den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wasse
und unmittelbar zu finden. Auf diese Weise wurde
folgender Tabelle enthaltenen Werthe gefunden, wen
Temperaturgrade nach C., ϑ die Theilstriche des Me

1 Sie ist dort nicht richtig angegeben und daher hier

et und das Volumen des Wassers aus dem Verhält-
nes Theilstriches zur Gesammtmasse des Inhalts be-
st.

t	ϑ	Volumen	t	ϑ	Volumen
0°,00	38,0	1,0000000	2°,50	37,0	0,9999018
0,50	37,7	0,9999705	2,75	36,9	0,9998919
0,75	37,6	0,9999607	3,00	36,9	0,9998919
1,00	37,5	0,9999509	3,25	36,8	0,9998822
1,25	37,4	0,9999411	3,50	36,8	0,9998822
1,50	37,4	0,9999411	3,75	36,8	0,9998822
1,75	37,3	0,9999313	4,00	36,9	0,9998919
2,00	37,2	0,9999214	4,25	36,9	0,9998919
2,25	37,1	0,9999116			

r erhaltene Resultat ist sehr merkwürdig, wenn man die
keit der Beobachtungen erwägt. Auf die wenigen Be-
igen wurden sicher drei Stunden verwandt, die gröfs-
n den zwischen 3° und 4° liegenden gewidmet waren,
r nicht abliefsen, nach dem eigentlichen scharfen Puncte
sten Dichtigkeit, wobei das Wasser im Röhrchen ohne
on vom Herabsinken zum Aufsteigen übergehen mufste,
en, bis unsere unerschöpfliche Geduld an der Unmög-
einer schärferen Bestimmung scheiterte, denn das scharf
neidbare Ende des Wasserfadens im Mefsröhrchen stand
glich still, sobald die Temperatur über 3° hinausgegan-
r, bis sie 4° erreicht hatte, und so umgekehrt, wenn
i abnehmender Temperatur beobachteten. Das gebrauchte
meter von Greiner, dessen Scale nur bis 30° R. reicht
i 0°,2 R. getheilt ist, so dafs sich also 0°,1 R. oder
C. sehr genau schätzen läfst, gestattete keinen diese
übersteigenden Fehler, die Theilstriche des Mefsröhrchens
keinen parallaktischen Fehler zu, denn durch Umdrehung
en um seine Axe bildete die feine Theilungslinie einen
unter oder über welchem das Ende des Wasserfadens
harf messen liefs, die Quecksilber-Compensation im
en war die nämliche, womit die ganze dritte Reihe von
htungen gemacht wurde, und wäre sie daher so viel zu
der zu klein gewesen, um einen im Bereiche dieser we-
Grade mefsbaren Fehler zu erzeugen, so mufste dieser
h vergröfsert in der Nähe des Siedepunctes auffallend
treten, was aber nicht statt fand. Alles dieses als ge-

Digitized by Google

gründet vorausgesetzt führt zu dem Resultate, dafs dicht
3° und unter 4° C. ein Stillstandspunct in der Ausde
des Wassers eintritt, wo dieselbe gänzlich fehlt, oder z
ring ist, als dafs sie durch einen, dem von uns gebra
an Feinheit gleichen Apparat wahrnehmbar seyn sollte. U
gens werden auch bei andern Erscheinungen solche Still
puncte angetroffen, z. B. bei dem Erkalten der Metalllegir
(§. 457), und es hat daher nichts Widersprechendes, einen
chen beim Uebergange von der Ausdehnung zur Zusam
ziehung anzunehmen, mindestens kann ich selbst, da ich d
so einfachen Versuche, der keine Täuschung zuläfst und
enge Fehlergrenzen eingeschlossen ist, beigewohnt habe, a
Existenz eines solchen Stillstandspunctes nicht zweifeln.
darf ich jedoch hier nicht unbemerkt lassen, und zw
Gründen, die aus den später folgenden Untersuchung
selbst hervorgehn. Das gebrauchte Thermometer, dessen N
ich so oft zu untersuchen veranlafst wurde, hatte d
— 0°,1 sehr genau; allein dieser Fehler ist nicht corrigir
wie mir aus überwiegenden Gründen jetzt wahrscheinlich
vermuthlich aus dem Grunde, weil uns nur daran gele
in der Nähe von 4° den Punct des Minimums zu finde
ich den Fehler bei der Vergleichung mit andern geprüften
mometern nicht mehr wahrnahm, wenn die Temperatur b
3° C. gestiegen war. Bei nochmaliger Uebersicht der
Tabelle mitgetheilten Werthe wird aber dieser Einfluss
denn nach der Vergleichung mit den andern gefundenen
fsen konnte der Wasserfaden im Mefsröhrchen durch die
peraturzunahme von 0° bis 0°,5 C. nicht von 38 Theilst
zu 37,7 übergehn. Obgleich ich aber überzeugt bin, da
ser Fehler, sofern er aus der Zusammenziehung des Glases
wenige Grade über dem Nullpuncte wieder verschwindet
wird es mir doch mehr als wahrscheinlich, dafs er gera
diesen, von unten auf angestellten Messungen von Einfluss
Wenn wir demnach nicht annehmen wollen, dafs das W
genau beim Nullpuncte schon einer Ausdehnung entgeg
und daher den genannten Fehler als die Ursache des
Sprunges von 38 zu 37,7 erkennen, so würde dieser die
Reihe treffen, ungeachtet der grofsen Sorgfalt, die der s

1 Vergl. *Thermometer* Bd. IX. S. 932. Anm.

g zwischen 3° und 4° gewidmet wurde. Hiernach daher die angegebenen Temperaturen um 0°,1 C. weiter und der Stillstandspunct der Ausdehnung des Wassers bei 3°,1 und endigte bei 4°,1. Gewifs ist einmal, dafs sogenannte Stillstandspunct bei dem gebrauchten Ther–r, wie oft auch mit zunehmenden oder abnehmenden aturen gemessen wurde, stets zwischen 3° und 4° so e die Tabelle dieses angiebt.

3) Unterdefs stellte auch STAMPFER[1] eine Reihe von tungen an, wozu er sich der Methode der Abwägungen em hohlen messingnen Cylinder bediente, damit derselbe die Wärme des Wassers genau annehmen möchte, um seine eigene Ausdehnung zu corrigiren. Uebergehn hiermit zugleich verbundene Bestimmung des absoluten tes eines bestimmten Volumens Wasser nach Wiener und genügt im Allgemeinen die Bemerkung, dafs mit solche Messungen unerläfslichen Genauigkeit verfah–rde, so wird blofs erfordert, die zunächst sich auf die nung des Wassers bezüglichen Resultate mitzutheilen. rsuche gehören zu Temperaturen zwischen — 0°,4 und ,2 R. und geben, die einzelnen Reihen für sich berech–den Punct der gröfsten Dichtigkeit im Minimum 2°,922 Maximum 3°,61, im Mittel aber 3° R. oder 3°,75 C. er wahrscheinlichen Unsicherheit von ± 0°,014 R. Für htigkeit D des Wassers bei verschiedenen Temperaturen er hunderttheiligen Scale giebt STAMPFER dann folgende ng, die gröfste Dichtigkeit = 1 gesetzt:

$$D = 0{,}999887 + 0{,}000060932\,t - 0{,}0000084236\,t^2 + 0{,}000000058\,t^3 - 0{,}0000000001217\,t^4,$$

eine Tabelle der Dichtigkeiten von — 3° C. bis + 40° C. et worden ist. Eine Vergleichung mit früheren Resultaten dafs die durch STAMPFER gefundenen Dichtigkeiten geringer s alle übrigen, namentlich auch als die durch HÄLLSTRÖM ch selbst gefundenen. Für die Dichtigkeit beim Siede– giebt die Formel 0,9575742, statt dafs ich 0,9587371 habe, wonach also auch bis zu diesem Puncte jene stets geringer bleiben.

---

[1] Jahrbuch des k. k. polyt. Instituts. Th. XVI. S. 1. Poggendorff's KI. 75.

Digitized by Google

484) Um das so vielseitig untersuchte Problem zur definitiven Lösung zu bringen, hat Hällström die bis dahin kannten bedeutenden Versuche, insbesondere die meinigen, eingreifenden Kritik unterworfen, wofür ihm das wissenschaftliche Publicum grofsen Dank schuldig ist, insbesondere aber ich, da die Ueberlegenheit dieses gelehrten Physikers offen kennen mir nur Vergnügen machen kann. Zuerst sucht Hällström den von ihm gefundenen Coefficienten für die Ausdehnung des Glases zu rechtfertigen, indem er zeigt, dafs Messungen der Ausdehnung des Wassers, wenn sie nach dern Bestimmungen für den Einfluſs des Glases corrigirt den, den Punct der gröfsten Dichtigkeit offenbar zu geben. Dieses Argument dürfte von geringerem Gewicht als ein anderes, welches gleichfalls geltend gemacht wird, lich dafs das untersuchte Glas ein specielles von grofser war. Anderweitige Untersuchungen zeigen aber, dafs sammengesetzten Körper von derjenigen Classe, wozu Glas gehören mag, je nach ihrer Beschaffenheit sich gleich ausdehnen, wie aus der oben (§. 476) mitgetheilten belle ersichtlich ist; aufserdem aber scheint das Glas dem Gefrierpuncte des Wassers nahe liegenden Temperaturen genthümlichen Gesetzen der Ausdehnung zu unterliegen, die Verrückung des Gefrierpunctes der Thermometer betrifft. Wenn man aufserdem berücksichtigt, dafs Hällström's sungen der Ausdehnung des Glases[1] nur zwischen 3° und liegen, so dürfte dieses allerdings den dagegen erhobenen feln entgegenzustellen seyn. Hällström hat sich die genommen, seine Messungen der Ausdehnung des Wassers einmal, und zwar in der Art, dafs nicht das Endresultat, früher, sondern jede einzelne Messung für die Ausdehnung Glases corrigirt ist, zu berechnen, und hieraus ergiebt sich der Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,031 mit einem lichen Fehler von $\pm$ 0,134.

Um in Beziehung auf die gegen meine Messungen Berechnungen gemachten Einwendungen kurz zu seyn, Folgendes genügen. Zuerst habe ich die Gleichung Curve der Ausdehnung des Wassers nur bis zur vierten Decimalstelle berechnet, was offenbar nachtheilig ist, sobald es sich

1 Poggendorff's Ann. I. 151.

feine Bestimmung handelt, als die des Punctes der Dichtigkeit. Hiervon überzeugte ich mich später, als n Punct für den absoluten Alkohol suchte und ihn ie solche Gleichung offenbar unrichtig fand, obgleich ungen die gröfste Aufmerksamkeit gewidmet war; sehr mufste daher eine bis zur dritten Potenz reichende ; merklich abweichende Resultate geben, nicht zu ge- dafs eine weiter fortgesetzte Rechnung eine solche n Zahlen erfordert, dafs mögliche Verwirrungen kaum iden sind. Zweitens aber habe ich mich überzeugt, von THOMAS YOUNG vorgeschlagene und seitdem igewandte Formel, wonach

$$Vt = 1 + at + bt^2 + ct^3 + \ldots.$$

ird, die eigentliche Ausdehnungscurve nicht absolut bt, wenn die Exponenten nach der Reihe der gan- n zunehmen. Einen überzeugenden Beweis hiervon e Versuche mit Schwefelsäure, die gewifs zu den vor- n unter allen gehören, und dennoch war es unmög- durch Berechnung erhaltenen Werthe mit den durch ng gefundenen bis auf mäfsige Differenzen in Ein- bringen. Je ausgedehnter daher die Reihe der Beob- ist, desto geringer wird die erforderliche Ueber- ng. Der Werth der durch unglaubliche Mühe er- in beiden Abhandlungen veröffentlichten, Untersu- liegt diesemnach hauptsächlich in den sehr genauen n. Es war daher ein sehr glücklicher Gedanke und hst verdienstliche Arbeit HÄLLSTRÖM's, dafs er zur Erledigung des so langen ventilirten Problems jede mir gemachten Beobachtungsreihen einzeln nach der der kleinsten Quadrate, jedoch nur von 0° bis 33° C., e, um den Einfluss der höheren Grade auf die Be- des Punctes der gröfsten Dichtigkeit auszuschliefsen. Weise giebt die erste Versuchsreihe für den Punct ten Dichtigkeit

$$t' = 3°,879 \pm 0°,058 \text{ C.}$$

zweite

$$t' = 3°,972 \pm 0°,159,$$

icht hiervon beträchtlich ab, indem sie $t = 3°,406 \pm 0°,206$ lierunter ist die erste offenbar die zuverlässigste, weil

Digitized by Google

sie 33 Werthe für einzelne Grade enthält und die Ver
aufserdem mit dem gröfseren, durch B bezeichneten Mes
chen angestellt wurden; die dritte Reihe dagegen ist i
Abhandlung selbst S. 40 als die mindest zuverlässige a
ben und sollte hauptsächlich dienen, die Anwendbark
Compensation zu prüfen. Auch die durch Stampfer g
ten Messungen sind durch Hällström einer abermalig
rechnung unterworfen morden und geben für den P
gröfsten Dichtigkeit des Wassers:

$$t' = 3°,755 \pm 0°,073,$$

oder, wenn die über 25° C. liegenden Beobachtungen
eines in ihnen vorhandenen constanten Fehlers ausgesc
werden:

$$t' = 3°,790 \pm 0°,140 \text{ C.}$$

Hiernach wären also für die Lösung dieses Problems f
Werthe vorh... en:

nach Hällström $t' = 4°,03 \pm 0°,135 \left\{ \begin{matrix} 4°,165 \\ 3,897 \end{matrix} \right.$

— Muncke $t' = 3°,879 \pm 0,058 \left\{ \begin{matrix} 3,937 \\ 3,821 \end{matrix} \right.$

— Muncke $t' = 3,972 \pm 0,159 \left\{ \begin{matrix} 4,131 \\ 3,813 \end{matrix} \right.$

— Stampfer $t' = 3,790 \pm 0,140 \left\{ \begin{matrix} 3,930 \\ 3,650. \end{matrix} \right.$

Diese Werthe stimmen so genau überein, als die Feh
gestattet, und geben im Mittel

$$t' = 3°,92 \text{ C.}$$

Wenn man aber nach Hällström den Mittelwerth
rücksichtigung des Gewichts eines jeden sucht, so f

$$t' = 3°,90 \pm 0,04,$$

und dieses mufs für so genau gelten, als der gegenwä
stand der Wissenschaft die Bestimmung gestattet[1].

---

1 Dieses Resultat, von einem so gelehrten Physiker
mühsamsten Calcül erhalten, kann nur vom höchsten I
denn es beweist die Genauigkeit der angestellten Versuch
weckt um so mehr das Vertrauen zu meinen übrigen,
diese die ersten waren und also leicht die am wenigsten

r Auffindung des Volumens und der Dichtigkeit des rei-
ssers für die Temperaturen von 0° bis 100° C. wählt
nöm auf gleiche Weise zweckmäfsig diejenigen Formeln,
sich bei der Prüfung am geeignetsten zur Bestimmung
peratur der gröfsten Dichtigkeit erwiesen haben, näm-
aus seinen eigenen Messungen, die beiden aus meinen
ten Versuchsreihen und die aus STAMPFER's Messungen
. Alle vier vereint geben im Mittel für die Tempe-
on 0° bis 30° C. den Ausdruck:

$$= 1 - 0{,}000057577\,t + 0{,}0000075601\,t^2 - 0{,}000000035091\,t^3,$$

den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 3°,92 giebt.
Temperaturen von 30° bis 100° findet er es am ge-
, die von mir in allen drei Versuchsreihen erhaltenen
ach der von ihm verbesserten Berechnung zu verei-
raus dann im Mittel erhalten wird:

$$= 1 - 0{,}0000094178\,t + 0{,}00000533661\,t^2 - 0{,}0000000104086\,t^3.$$

t dann folgende Tabelle der Volumina und Dichtig-
Wassers von 0° bis 100° C. entstanden.

Volum.	Dichtigkeit	t	Volum.	Dichtigkeit
1,000000	1,000000	6°	0,999919	1,000081
0,999950	1,000050	7	0,999956	1,000044
0,999915	1,000080	8	0,999996	0,999994
0,999894	1,000106	9	1,000069	0,999931
0,999882	1,000118	10	1,000145	0,999855
0,999888	1,000112	11	1,000235	0,999765
0,999897	1,000103	12	1,000338	0,999662

n. Die dritte Versuchsreihe wurde von mir selbst als
rlässig angegeben; dafs ich sie dennoch mit den beiden
inigte, war auf gleiche Weise ein Fehler, als die Be-
s zur vierten Decimalstelle. Nehmen wir das Resultat
es durch unmittelbare Messung mit Anwendung der ge-
pensation erhalten wurde, so stimmt dieses vollständig
ein, denn es geht mit Berücksichtigung des wahrschein-
s daraus hervor, dafs das Wasser bei abnehmender Tem-
bis 4° C. zusammenzieht, unmittelbar unter diesem Puncte
m Zustande mit unmefsbarer Veränderung beharrt, bis
nung wieder wahrnehmbar wird.

Digitized by Google

t	Volum.	Dichtigkeit	t	Volum.	Dichtigkeit
13°	1,000453	0,999547	57°	1,014891	0,985328
14	1,000581	0,999419	58	1,015392	0,984842
15	1,000720	0,999280	59	1,015894	0,984355
16	1,000872	0,999128	60	1,016398	0,983867
17	1,001035	0,998966	61	1,016930	0,983353
18	1,001210	0,998791	62	1,017464	0,982838
19	1,001397	0,998605	63	1,018000	0,982321
20	1,001594	0,998408	64	1,018538	0,981802
21	1,001802	0,998201	65	1,019078	0,981281
22	1,002022	0,997982	66	1,019644	0,980736
23	1,002251	0,997754	67	1,020212	0,980189
24	1,002491	0,997515	68	1,020780	0,979641
25	1,002741	0,997267	69	1,021350	0,979091
26	1,003001	0,997008	70	1,021920	0,978539
27	1,003271	0,996740	71	1,022531	0,977951
28	1,003549	0,996463	72	1,023143	0,977361
29	1,003837	0,996178	73	1,023756	0,976769
30	1,004216	0,995802	74	1,024370	0,976176
31	1,004523	0,995498	75	1,024986	0,975581
32	1,004831	0,995193	76	1,025603	0,974984
33	1,005140	0,994887	77	1,026221	0,974385
34	1,005449	0,994580	78	1,026840	0,973784
35	1,005761	0,994272	79	1,027459	0,973182
36	1,006106	0,993931	80	1,028072	0,972578
37	1,006452	0,993489	81	1,028728	0,971971
38	1,006799	0,993146	82	1,029385	0,971363
39	1,007147	0,992802	83	1,030043	0,970753
40	1,007496	0,992560	84	1,030702	0,970141
41	1,007898	0,992180	85	1,031364	0,969527
42	1,008207	0,991799	86	1,032047	0,968911
43	1,008610	0,991418	87	1,032731	0,968293
44	1,009021	0,991036	88	1,033416	0,967673
45	1,009434	0,990654	89	1,034102	0,967051
46	1,009859	0,990240	90	1,034791	0,966427
47	1,010285	0,989825	91	1,035500	0,965801
48	1,010712	0,989409	92	1,036210	0,965173
49	1,011139	0,988992	93	1,036921	0,964543
50	1,011570	0,988563	94	1,037633	0,963911
51	1,012033	0,988184	95	1,038346	0,963277
52	1,012497	0,987704	96	1,039078	0,962641
53	1,012962	0,987323	97	1,039811	0,962003
54	1,013438	0,986941	98	1,040545	0,961363
55	1,013894	0,986297	99	1,041280	0,960721
56	1,014382	0,985813	100	1,042016	0,960077

) Eine werthvolle Untersuchung von Despretz[1] habe
r nicht berücksichtigt, weil es unnöthige Mühe ver-
aben würde, die durch sie erhaltenen Resultate in die
llendete Arbeit Hällström's aufzunehmen. Despretz
gen meine Versuche ein, dafs zuerst die Lage des Null-
r gebrauchten Thermometer nicht corrigirt worden sey,
schon deswegen unmöglich war, weil alle Versuche
n Puncte ausgingen, wodurch dieser Fehler von selbst
ind daher nothwendig corrigirt werden mufste. Zwei-
ert er gegen die Ausdehnung des Glases, dafs sie
der von Lavoisier und Laplace, nicht aber mit
ulong und Petit gefundenen übereinstimme, ob-
doch jetzt unfehlbar genauer experimentire, als im
. Dieses Argument dürfte aber schwerlich bei irgend
iker Eingang finden; denn so achtungswerth auch
Dulong seyn mag, so können doch jene Kory-
Wissenschaft unmöglich durch ihn so in Schatten
den, dafs ihre Autorität gänzlich verschwinden
ufserdem aber liegen die durch mich gefundenen
ist dem Verfahren, woraus sie sich ergaben, zur
vor und ihre Uebereinstimmung mit jenen kann
unmöglich zum gegründeten Vorwurfe gereichen.
Einwurf dagegen, dafs ich den Punct der gröfsten
aus der Curve der Ausdehnung zwischen 0° bis
leitet habe, ist allerdings begründet, und ich habe
bereits erklärt.

rz wählte zur ersten Reihe seiner Versuche das
ewandte Verfahren, indem er ein mit Wasser ge-
ometer neben einem Quecksilberthermometer auf-
n Stand beider von 2 zu 2 Minuten aufzeichnete.
dafs ich nach meinen Erfahrungen mir nicht ge-
wegen des in Folge der höchst verschiedenen
ät beider Flüssigkeiten sehr ungleichen Ganges
nstrumente, durch dieses Verfahren genügende Re-
ngen, weswegen ich vielmehr beide Thermome-

[1] Chim. et Phys. T. LXX. p. 1 ff. L'Institut 5me
. 30. Compt. rend. 1837. T. IV. p. 124 u. 435. Lon-
Phil. Mag. N. LXXI. p. 1 ff. Im Auszuge in Poggen-
I. 58.

Digitized by Google

ter so lange um den Gleichheitspunct durch geringes
gen und Fallen schwanken liefs, bis ich überzeugt war,
sen wirklich erreicht zu haben. Auffallend ist zugleich,
die Ausdehnung des Wassers bis — 9° C. im Versuch
messen wurde, da sich zwar das Wasser so tief erkälte
leicht aber bei der geringsten Bewegung gefriert und d
Kugel zersprengen würde, deren Inhalt nicht ohne un
Mühe bestimmbar ist. Inzwischen wurde auf diese We
Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,007 C. gefund
einer zweiten Versuchsreihe wurde die von Rumfo
Tralles befolgte Methode angewandt. Das Wasse
sich in einem porzellanenen Gefäfse, an dessen beid
zwei Thermometer über einander hingen. Durch le
schlagen sollte die Bewegung der Wassertheilchen
werden, ein Mittel, dessen Zulässigkeit sehr zu b
seyn dürfte, weswegen auch alle andere Beobachte
schütterung vermieden haben. Indem dann das Ge
die äufsere Temperatur langsam erkaltete oder erwä
und demnach das dichtere Wasser herabsank, zeigte
der Thermometer die Temperatur desselben im Puncte
ten Dichtigkeit. Nach angebrachten Correctionen gabe
suche im Mittel hierfür die Temperatur der gröfsten
keit oder t = 3°,987 C. und also, wenn beide Res
eint werden, t = 3°,997, wofür in runder Zahl 4°
wird. Despretz untersuchte demnächst die Ausde
Wassers für die Temperaturen von 4° C. bis 100°,
für den Siedepunct das Volumen = 1,04315, welche
dem Mittel aus meinen drei Versuchsreihen = 1,
0,00107 und von dem durch Rechnung gefundenen
um 0,00114 abweicht.

Despretz[1] hat später nochmals die Temperatur
sers im Puncte der gröfsten Dichtigkeit durch m
suchsreihen auszumitteln gesucht und sich dabei
mit Wasser gefüllten Thermometer bedient. Er be
zwei und erhielt mit dem ersten derselben in der
suchsreihe aus Messungen zwischen 7°,48 C. und
Mittel 3°,9923; in der zweiten aus Messungen zw
und 2°,59 unmerklich abweichend 3°,9975; in

1 Ann. de Chim. et Phys, T. LXXIII. p. 296. 1
Ann. N. 318. p. 38.

Messungen zwischen 1° und 5° umfafste, 4°,0064; in
en endlich, welche sich gleichfalls von 1° bis 5° er-
3°,9546. Mit einem zweiten Mefsröhrchen stellte
ıfalls vier Versuchsreihen an, und fand durch die
rsuchsreihe, welche zwischen 1° und 5° C. an-
wurde, die Temperatur des Wassers bei gröfster
it = 3°,9918; durch die zweite, die sich von
7°,18 erstreckte, 4°,0208; durch die dritte, welche
eraturen von 2°,47 bis 7°,48 umfafste, 4°,0728; durch
endlich, wobei die Temperaturen zwischen 1°,41 und
n, 4°,0231. Das Mittel aus allen 8 Versuchsreihen,
och nicht alle gefundene Werthe genommen wurden,
n Ganzen nur die 11 vorzüglichsten, giebt die Tem-
s Wassers im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit
mit der gröfsten Abweichung von 0°,1182. Indem
seine ersten, mit vier verschiedenen Mefsröhrchen
ı Versuche im Mittel hierfür 3°,995 gefunden wurde,
r, man könne unbedenklich 4° in runder Zahl an-
Es ist zwar nicht wahrscheinlich, dafs die Tempe-
Wassers im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit mit
en Grade der hunderttheiligen oder irgend einer son-
mometerscale zusammenfallen sollte, und schon des-
de dem oben angegebenen Resultate der Vorzug ge-
llein der Unterschied ist so unbedeutend, dafs man
nmung in runder Zahl auf jeden Fall als sehr nahe
achten und in Anwendung bringen darf. Endlich
usdehnung des Wassers unter dem Puncte seiner
htigkeit, diesen bei 4° C. angenommen, für gleiche
unterschiede etwas gröfser seyn, als über demsel-
llerdings mit den in der oben mitgetheilten Tabelle
ı Gröfsen übereinstimmt, indem das Volumen = 1
ur 0,999996 bei 8° ist, da aber der Unterschied
sechste Decimalstelle fällt, so entschwindet er der

ndere Reihe schätzbarer Versuche von Despretz,
gefunden hat, dafs der Punct der gröfsten Dich-
Wassers durch Zusatz von Salzen tiefer herabsinkt,
mäfsiger im folgenden Abschnitte erwähnt werden,
zugleich auf das Gefrieren bezieht.

Digitized by Google

β) Ausdehnung des Seewassers.

487) Zur Auffindung der Ausdehnungsgesetze des S
sers habe ich gleichfalls eine Reihe von Beobachtung
stellt[1], woraus hervorgeht, dafs die nicht sehr b
Quantität der in dieser Flüssigkeit aufgelösten Salze d
dehnung desselben entweder gar nicht oder nur unmer
ändert; denn es ist zwar das Volumen des See
100° C. = 1,044209 und die des reinen Wassers nur =
nach meinen Beobachtungen, allein wenn man üb
diese Gröfse erst von 4° an beginnt, jene aber bei
ergiebt sich ein geringer Ueberschufs der Ausdehn
nen Wassers, wonach also die Gröfse derselben d
gelösten Salze um eine Kleinigkeit vermindert wird
stimmend mit dem allgemeinen Gesetze, dafs die
Körper die geringste Ausdehnung haben. Die Unt
über die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit des
werden am zweckmäfsigsten mit denen über seine
vereinigt.

Es ist zwar weit minder wichtig, die Ausde
für Seewasser, als für reines Wasser zu kennen;
aber durch Versuche ermittelt habe, so theile ich
gefundenen analytischen Ausdruck mit und ei
Tabelle der hiernach berechneten Werthe, d
durch Beobachtung erhaltenen nur unmerklich ab
Formel ist:

$$V = 1 + 0{,}00005769938\,t + 0{,}0000050$$
$$- 0{,}000000018733\,t^3 + 0{,}000000$$

Sie giebt folgende Gröfsen für Centesimalgrade:

---

1 Mém. prés. p. 62. Erman's Untersuchungen u.

	Volumen	Dichtigkeit	t	Volumen	Dichtigkeit
	1,000000	1,000000	25	1,004359	0,995659
	1,000063	0,999937	26	1,004644	0,995377
	1,000136	0,999864	27	1,004937	0,995089
	1,000218	0,999781	28	1,005238	0,994779
	1,000311	0,999688	29	1,005546	0,994484
	1,000414	0,999586	30	1,005861	0,994172
	1,000526	0,999474	31	1,006185	0,993852
	1,000647	0,999353	32	1,006516	0,993525
	1,000778	0,999222	33	1,006854	0,993183
	1,000919	0,999082	34	1,007199	0,992852
	1,001068	0,998933	35	1,007552	0,992504
	1,001227	0,998828	40	1,009421	0,990666
	1,001395	0,998671	45	1,011463	0,988669
	1,001572	0,998430	50	1,013670	0,986425
	1,001757	0,998245	55	1,016038	0,984214
	1,001952	0,998052	60	1,018563	0,981775
	1,002155	0,997864	65	1,021241	0,979201
	1,002367	0,997649	70	1,024069	0,976496
	1,002587	0,997418	75	1,027046	0,973666
	1,002816	0,997202	80	1,030172	0,970712
	1,003053	0,996957	85	1,033446	0,967636
	1,003298	0,996713	90	1,036871	0,964440
	1,003551	0,996461	95	1,040447	0,961125
	1,003812	0,996203	100	1,044178	0,957690
	1,004082	0,995935			

Behuf der Messungen der mit der Tiefe abnehmenden
ur des Meeres entschlofs sich Lenz[1] zu ähnlichen
n über die Ausdehnung des Salzwassers von 1,02 und
ifischem Gewicht, zwischen denen das des Seewassers
, zu der Ueberzeugung zu gelangen, dafs ein solcher
ed des specifischen Gewichts auf das Gesetz der Aus-
keinen bedeutenden Einfluſs habe. Die nachherigen
en Versuche mit Salzwasser von 1,027 specifischem
umfassen nur die Temperaturen von 7°,5 bis 30° C.;
hm er die durch Erman gefundenen Werthe von 0°
, die er seinen eigenen Bestimmungen anpafste, und
nn nicht für die Vermehrung des Volumens, sondern

---

[1] Mém. de l'Acad. de Petersb. VIme Sér. T. I. p. 251. Poggendorff's Ann. XX. 113. Vergl. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1673.

Digitized by Google

für die *Verminderung der Dichtigkeit* durch Temperaturzunahme folgende Formel:

$$\delta = 1 - 0{,}00020533\,t + 0{,}0000003723\,t^2 - 0{,}000000188086\,t^3$$

für Grade der achtzigtheiligen Scale, also für Centesimalgrade

$$\delta' = 1 - 0{,}000164265\,t + 0{,}000000238272\,t^2 - 0{,}0000000963\,t^3.$$

Lenz hat hiernach eine Tabelle für die Dichtigkeit des Wassers bei den Temperaturen von 0° bis 24° R. berechnet. Die hieraus erhaltenen Werthe stimmen in den unteren Graden sehr nahe mit den nach meiner Formel berechneten überein. Unterschiede wachsen aber zunehmend und bleiben stets negativ, sofern die Dichtigkeit nach mir gröfser ist; sie betragen für 5° C. 0,000413; für 10° C. 0,000647; für 15° C. 0,000 für 20° C. 0,000944; für 25° C. 0,001121; für 30° C. und für 100° C. 0,068033. Es folgt also hieraus, dafs der beiden Gleichungen mit einem constanten Fehler behaftet sey, und dieses dürfte nach Wahrscheinlichkeitsgründen durch Lenz gefundene treffen; denn erstlich ist meine Zusammensetzung zweier mit verschiedenen Flüssigkeiten unter ungleichen Bedingungen angestellten Versuchsreihen standen, und zweitens würde nach ihr die Dichtigkeit des wassers in der Siedehitze um 0,070022 geringer seyn, des reinen Wassers, was wohl nicht möglich ist, sind sie nach meiner Formel nur 0,001988 kleiner ist, was rührt, dafs die Einheit des Wassers bei 3°,9 C., die des wassers aber bei 0° C. genommen ist. Für die praktische wendung übrigens, wenn man nicht über 30° hinausgeht dieser Unterschied nicht eben bedeutend, denn er beträgt dieser Temperatur nicht mehr als nahe ein und ein halbes sendstel.

γ) Ausdehnung des Weingeistes.

488) Die im ersten Theile dieses Werkes angeführten Untersuchungen über die Ausdehnung des Weingeistes habe ich seitdem durch zwei Versuchsreihen vermehrt, welche auf gleiche Weise, als die für Wasser, angestellt wurden. der ersten war der Alkohol nicht absoluter, denn sein

Gewicht betrug 0,808 bei 12°,5 C. und würde also bei
nur 0,801 betragen, statt dafs Richter und Meissner
0,792 und 0,791 fanden. Die Messungen wurden für
inften Grad angestellt und gaben folgenden analytischen
k für das Volumen des Weingeistes für die verschie-
emperaturen nach der hunderttheiligen Scale, das bei
inheit angenommen:

$$= 1 + 0{,}000989666\,t + 0{,}00000303489\,t^2 - 0{,}0000000395924\,t^3 + 0{,}00000000036364\,t^4,$$

die der gröfsten Dichtigkeit zugehörige Temperatur
C. beträgt.

Gesetz der Ausdehnung des Weingeistes genau zu
t noch stets von grofser Wichtigkeit, weil diese
t fortwährend zu Thermometern genommen wird,
an die Temperaturen unter dem Gefrierpuncte des
rs zu messen beabsichtigt, und ich habe daher
ehrerwähnten Abhandlung ausführliche Untersuchun-
die Mittel angestellt, wodurch die Grade solcher
hermometer auf Grade des Luftthermometers redu-
n können; allein es läfst sich keine absolute Ge-
nerin erlangen, weil man nie versichert ist, wie rein
n Künstlern angewandte Alkohol gewesen seyn mag,
wenn er mit einer färbenden Substanz verbunden
r sicher nicht selten solcher Alkohol, wie der un-
u Thermometern verwandt wird, so möge folgende
r Platz finden, die rücksichtlich der Correctionen
eistthermometer von Nutzen seyn kann, insbesondere
zu gewifs nur selten absoluter Alkohol genommen

Digitized by Google

t	Volumen	Dichtigkeit	t	Volumen	Dichtigkeit
— 50	0,965326	1,035920	2	1,001991	0,998013
— 48	0,965797	1,035414	4	1,004005	0,996011
— 46	0,966379	1,034790	6	1,006039	0,993997
— 44	0,967065	1,034056	8	1,008093	0,991972
— 42	0,967852	1,033215	10	1,010164	0,989938
— 40	0,968734	1,032274	12	1,012252	0,987896
— 38	0,969706	1,031240	14	1,014355	0,985848
— 36	0,970763	1,030117	16	1,016473	0,983794
— 34	0,971902	1,028910	18	1,018604	0,981735
— 32	0,973117	1,027625	20	1,020749	0,979673
— 30	0,974405	1,026267	22	1,022905	0,977608
— 28	0,975761	1,024841	24	1,025073	0,975541
— 26	0,977182	1,023350	26	1,027253	0,973471
— 24	0,978664	1,021801	28	1,029444	0,971399
— 22	0,980203	1,020104	30	1,031647	0,969324
— 20	0,981795	1,018541	32	1,033861	0,967248
— 18	0,983438	1,016840	34	1,036087	0,965171
— 16	0,985128	1,015096	36	1,038325	0,963093
— 14	0,986862	1,013313	38	1,040575	0,961014
— 12	0,988637	1,011494	40	1,042839	0,958934
— 10	0,990450	1,009642	42	1,045118	0,956853
— 8	0,992299	1,007761	44	1,047411	0,954773
— 6	0,994180	1,005854	46	1,049721	0,952693
— 4	0,996092	1,003923	48	1,052048	0,950612
— 2	0,998033	1,001971	50	1,054394	0,948533

Ungleich wichtiger ist es, das Gesetz der Ausdeh
absoluten Alkohols zu kennen, und ich habe daher u
über Versuche angestellt[1]. Der dazu verwandte Alk
durch L. Gmelin absichtlich für diesen Zweck be
hatte bei 0° C. ein specifisches Gewicht = 0,80
Wasser im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit, wa
selbe bei 20° C. = 0,791108, übereinstimmend m
Angaben, seyn würde. Zu den Versuchen wurden d
wiederholt gebrauchten Apparate verwandt, und wir
bereits eine bedeutende Fertigkeit in diesen Operation
zu haben, allein dennoch deuteten die Unterschiede
den beobachteten und den berechneten Werthen auf

1 Sur la dilatation de l'alcool absolu et de la carbure
in Mém. de la Soc. Imp. des Sc. de Petersb. 1834.

ler, von denen sich aber annehmen läfst, dafs sie
e in grofser Zahl vorhandenen Beobachtungen ausge-
erden, da die positiven und negativen Unterschiede
ig aufheben. Dreifsig solche, als zuverlässig zu be-
e, zwischen — 15° und + 65° gefundene Werthe, de-
e doppelt waren und wegen geringer Verschiedenheit
netische Mittel zu nehmen gestatteten, geben folgende
g:

$$= 1 + 0{,}0010151148\,t + 0{,}0000030884\,t^2 - 0{,}0000000192458\,t^3,$$

die dem Puncte der gröfsten Dichtigkeit zugehörige
ur sehr nahe — 89°,5 C. beträgt. Die Formel weicht
für nicht absoluten Alkohol gefundenen nur wenig ab,
wird dadurch wahrscheinlich, dafs beide das Gesetz der
ung dieser Flüssigkeit sehr genau ausdrücken. Aus
sache, und da man insbesondere neuerdings die tief-
le der Kälte mit Thermometern gemessen hat, die
ie Zweifel mit absolutem Alkohol gefüllt waren, theile
folgend eine ausführliche Tabelle der Volumina mit,
lche die Dichtigkeiten leicht gefunden werden, wenn
e Werthe in die Einheit dividirt.

t	Volumen	t	Volumen	t	Volumen
·100	0,948618	— 64	0,952728	— 29	0,973628
· 98	0,948293	— 62	0,953521	— 28	0,974421
· 96	0,948039	— 60	0,954368	— 27	0,975222
· 94	0,947854	— 58	0,955267	— 26	0,976033
· 92	0,947736	— 56	0,956218	— 25	0,976853
· 90	0,947686	— 54	0,957220	— 24	0,977682
· 88	0,947702	— 52	0,958271	— 23	0,978520
· 86	0,947783	— 50	0,959371	— 22	0,979367
· 84	0,947929	— 48	0,960518	— 21	0,980223
· 82	0,948138	— 46	0,961713	— 20	0,981087
· 80	0,948411	— 44	0,962953	— 19	0,981960
· 78	0,948744	— 42	0,964239	— 18	0,982841
· 76	0,949138	— 40	0,965568	— 17	0,983730
· 74	0,949592	— 38	0,966941	— 16	0,984628
· 72	0,950105	— 36	0,968356	— 15	0,985533
· 70	0,950676	— 34	0,969813	— 14	0,986446
· 68	0,951304	— 32	0,971309	— 13	0,987368
· 66	0,951988	— 30	0,972846	— 12	0,988297

Digitized by Google

t	Volumen	t	Volumen	t	Volumen
— 11	0,989233	10	1,010441	31	1,033863
— 10	0,990177	11	1,011514	32	1,035016
— 9	0,991128	12	1,012593	33	1,036170
— 8	0,992086	13	1,013676	34	1,037328
— 7	0,993052	14	1,014641	35	1,038487
— 6	0,994025	15	1,015857	36	1,039649
— 5	0,995004	16	1,016954	38	1,041978
— 4	0,995990	17	1,018055	40	1,044314
— 3	0,996983	18	1,019160	42	1,046657
— 2	0,997982	19	1,020270	44	1,049005
— 1	0,998988	20	1,021384	46	1,051357
0	1,000000	21	1,022501	48	1,053713
+ 1	1,001018	22	1,023622	50	1,056071
2	1,002042	23	1,024747	52	1,058431
3	1,003073	24	1,025876	54	1,060791
4	1,004109	25	1,027007	56	1,063152
5	1,005150	26	1,028142	58	1,065511
6	1,006198	27	1,029281	60	1,067868
7	1,007250	28	1,030422	62	1,070222
8	1,008309	29	1,031566	64	1,072572
9	1,009372	30	1,032713	66	1,074917

Die Vergleichung beider Tabellen führt zu dem Resultat, die Gröfse der Ausdehnung des absoluten Alkohols am ist und um so mehr abnimmt, je mehr er mit Was mischt wird. Für 50° C. z. B. ist das Volumen des ten Alkohols = 1,056071, des nicht ganz reinen = 1,054 des Wassers = 1,011570.

δ) Ausdehnung sonstiger Flüssigkeiten

489) Bei den sonstigen Flüssigkeiten ist es minde tig, das Gesetz ihrer Ausdehnung zu kennen, und es w her genügen, hierüber die Resultate der Untersuchung kurz mitzutheilen, welche auf jeden Fall hinreichen, den verschiedenen Temperaturen zugehörenden Volu der nöthigen Genauigkeit zu bestimmen. Nach mehr wähnten Versuchen[1] ist der analytische Ausdruck für

1 Ueber die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten. prés. à l'Acad. Imp. de Petersb.

g des *Schwefeläthers* von 0,733 specifischem Gewicht
,5 C.

$$V = 1 + 0{,}00150268\,t + 0{,}00000255214\,t^2 - 0{,}00000015783\,t^3 + 0{,}000000004166\,t^4,$$

die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit $= -36°$ ist[1].
se Anblick dieser Formel zeigt, dafs der Schwefeläther
ker ausdehnt, als selbst absoluter Alkohol, noch mehr
nicht ganz reiner. Die Ausdehnung des *Steinöls* (*perectificatum*) ist geringer, als die des Weingeistes,
auch sehr regelmäfsig fortschreitend, und da diese
eit so schwer gefriert, aufserdem aber weit leichter rein
en ist, so eignet sie sich vorzugsweise zu Thermo-
ür bedeutende Kältegrade. Meine Versuche geben die
g:

$$1 + 0{,}000988558\,t + 0{,}00000212046\,t^2 - 0{,}000000002676399\,t^3 + 0{,}0000000001950677\,t^4,$$

Temperatur der gröfsten Dichtigkeit $= -71°$ C. Auch
le Ammoniak vom specifischen Gewicht $= 0{,}9465$
C. wurde von mir untersucht, allein es ist schwer,
z seiner Ausdehnung mit gehöriger Schärfe zu finden,
uantität des durch das Wasser gebundenen Gases va-
ein Theil desselben ohnehin bei steigender Wärme
, weswegen die Messungen nicht weiter, als bis 45°
etzt werden konnten. Inzwischen kann folgende For-
inlänglich genau gelten, wonach

$$1 + 0{,}000285586\,t + 0{,}0000026002\,t^2 + 0{,}0000000641634\,t^3 - 0{,}000000001046984\,t^4$$

ie Flüssigkeit keinen Punct der gröfsten Dichtigkeit
von uns untersuchte *Salzsäure* zeigte bei 12°,5 C.
sches Gewicht $= 1{,}1978$, und die für ihre Ausdeh-
ndene Formel ist:

$$1 + 0{,}000566237\,t - 0{,}000000829489\,t^2 + 0{,}0000000370847\,t^3 - 0{,}0000000000472156\,t^4.$$

---

hier angegebene Resultat stimmt mit dem sehr tief lie-
rierpuncte dieser Flüssigkeit §. 518 nicht überein. Dieses
ge davon, dafs die Formel bis zur vierten Potenz ausge-
was namentlich die Bestimmung der Temperatur, die
Dichtigkeit zugehört, unrichtig machen kann, wenn auch
berechneten Werthe den beobachteten sehr nahe kommen.

Digitized by Google

490) An die bereits erwähnten Untersuchungen ü
Gesetze der Ausdehnung der Oele[1] lassen sich die Re
eigener Versuche anknüpfen. Hiezu wurde *Mandelöl* g
men, wie man dasselbe aus guten Officinen käuflich
Aus 24 Messungen zwischen 5° und 120° C. ergab sic
gende Gleichung:

$$V = 1 + 0{,}0007445475\,t + 0{,}0000003134379\,t^2 + 0{,}000000002750899\,t^3 - 0{,}00000000001597\ldots$$

aus welcher hervorgeht, dafs diese Flüssigkeit keine
der gröfsten Dichtigkeit hat, sondern sich selbst auch
Gestehn fortwährend zusammenzieht, wie schon bei
Olivenöl, übereinstimmend mit der Erfahrung, gefun
Auch Erman[2] wurde bei seinen (§. 474) erwähnten
menten veranlafst, die Ausdehnung des Olivenöls zu
chen, um darin die Wägungen der leichtflüssigen
schung vorzunehmen. Die Gleichung, welche er
rection für die Ausdehnung des Glases erhielt, ist fo

$$V = 1 + 0{,}00089015776\,t + 0{,}000000445\ldots + 0{,}000000000931780\,t^3.$$

Diese vergleicht er mit derjenigen, welche Pauckir
Messungen von de Luc gefunden hat, nämlich

$$V = 1 + 0{,}00089178169\,t + 0{,}00000048646\ldots - 0{,}00000000008499\,t^3,$$

beide für Grade der achtzigtheiligen Scale. Die nahe
stimmung ist zwar nicht zu verkennen, allein es ist
dafs jene erste Gleichung lauter positive Coefficienten
bei keiner der sonstigen, bisher aufgefundenen stat
auch scheint es mir in der Natur der Sache zu lie
eins der Glieder verneinend seyn müsse, weil sonst
men der Flüssigkeiten in höheren Temperaturen allm

---

1 S. Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 624.

2 Poggendorff's Ann. IX. 559 und die oben anger. Ab
3 Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Q
me auf physikal. Beobachtungen u. s. w. Mitau 1819.

4 Die Ausdehnung der gesättigten Salzsoole wird zwa
S. 625 gleichfalls durch eine Gleichung ausgedrückt, w
hende Coefficienten hat, allein ich glaube nicht, dafs
beit von De Luc nach dem Vielen, was neuerdings in dies
geschehn ist, grofses Vertrauen verdient.

ie Correction für die Ausdehnung des Glases nach den
en von Dulong und Petit wird dann die Gleichung
usdehnung des Olivenöls für t Grade nach R.

$= 1 + 0{,}00092015776\,t + 0{,}0000005004504\,t^2 + 0{,}000000000970708\,t^3$

lie Centesimalscale

$= 1 + 0{,}0007361262\,t + 0{,}0000003202882\,t^2 + 0{,}0000000004970025\,t^3.$

: man diesen Ausdruck mit dem durch mich für Man-
ndenen, so kommen beide darin überein, dafs es für
sigkeit keinen Punct der gröfsten Dichtigkeit giebt,
ler Erfahrung vollkommen übereinstimmt, wonach alle
wie auch Wachs, sich beim Erkalten und selbst nach
hen zusammenziehn, ohne dafs hierbei ein Still-
t ihrer Zusammenziehung oder gar eine zwischentre-
dehnung statt zu finden scheint. Uebrigens aber ist
r Formel die Ausdehnung des Oels, welches durch
i seinen Versuchen genommen wurde, ungleich grö-
ie des Mandelöls nach meinen Messungen, und sogar
ls die des Schwefelkohlenstoffs, welcher sich be-
sehr stark ausdehnt, des Steinöls und selbst des
Alkohols, kleiner jedoch, als die des Schwefeläthers.
meinen Versuchen, wenn die Erwärmung des Mefs-
in Olivenöl geschah, habe ich die starke Ausdeh-
r Flüssigkeit beiläufig wahrgenommen, ob aber ein
nder Unterschied zwischen Mandelöl und gewöhnli-
wirklich statt findet, als aus meiner und Erman's
rvorgeht, mufs ich dahin gestellt seyn lassen.

die Ausdehnung des *Schwefelkohlenstoffs* ist von mir
gezeigte Weise untersucht worden. Aus 32 Messungen,
doppelt waren, und aus denen daher wegen äufserst
bweichung von einander das arithmetische Mittel ge-
urde, ergab sich folgende Gleichung:

$1 + 0{,}001125690639\,t + 0{,}000001715049\,t^2 - 0{,}00000000121166\,t^3,$

ıer diese Flüssigkeit gleichfalls keinen Punct der
ichtigkeit hat. Da sich dieselbe aber wegen ihrer
en Ausdehnung, und weil sie nicht so, wie der
leicht Feuchtigkeit aus der Luft aufnimmt, mithin

Digitized by Google

leichter als letzterer im Zustande der Reinheit aufbewahrt werden kann, vorzugsweise zu Thermometern eignet, so stellen die mit den Versuchen sehr genau übereinstimmenden Volumen derselben, wie sie die Berechnung giebt, in folgender Tafel zusammen.

t	Volumen	t	Volumen	t	Volumen
— 50	0,947852	— 10	0,988913	32	1,037818
— 48	0,949783	— 8	0,991104	34	1,040304
— 46	0,951729	— 6	0,993307	36	1,042804
— 44	0,953687	— 4	0,995525	38	1,045319
— 42	0,955656	— 2	0,997755	40	1,047849
— 40	0,957639	+ 2	1,002258	42	1,050394
— 38	0,959634	4	1,004530	44	1,052954
— 36	0,961641	6	1,006816	46	1,055529
— 34	0,963661	8	1,009116	48	1,058119
— 32	0,965694	10	1,011430	50	1,060724
— 30	0,967740	12	1,013757	52	1,063344
— 28	0,969799	14	1,016099	54	1,065979
— 26	0,971870	16	1,018455	56	1,068629
— 24	0,973954	18	1,020825	58	1,071293
— 22	0,976052	20	1,023209	60	1,073973
— 20	0,978162	22	1,025608	62	1,076668
— 18	0,980286	24	1,028021	64	1,079378
— 16	0,982423	26	1,030449	66	1,082103
— 14	0,984573	28	1,032890	68	1,084843
— 12	0,986736	30	1,035347	70	1,087598

491) Neuerdings hat Despretz[1] die bisherigen Erfahrungen über die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten durch eine interessante Thatsache vermehrt. Es ist allgemein angenommen und hiermit stimmen alle hier mitgetheilte Formeln überein[2], dafs die Ausdehnung der tropfbar-flüssigen Körper

---

1 L'Institut. 6me Ann. N. 246. Compt. rend. T. VII. Poggendorff's Ann. XLVI. 134.

2 Nach Frankenheim in Berl. Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik soll die allgemeine Formel für die Ausdehnung der Flüssigkeiten folgende seyn: $\text{Log.}\frac{y}{\beta} = A(p-\alpha)^2$, worin β die Ausdehnung im Minimum, α die zugehörige Temperatur, y die Ausdehnung bei der Temperatur p, A eine Constante aus Versuchen bezeichnet. Ferner ist $p = 722 \text{ Log.}(1 - hx)$, worin x die Temperatur in Centesimalgraden und $h = 0{,}00375$ sind. Die Formel soll entstanden seyn aus $\text{Log.}\frac{y}{\beta} = a^2\left(\frac{\alpha - p}{r^{\alpha}} - \frac{p-\alpha}{r^{p}}\right)^2$, worin a und r von

durch eine Curve ausgedrückt wird, welche ihre Con-
gegen die Axe der Temperaturen wendet (eine gegen
der Abscissen convexe Parabel höherer Ordnung), statt
e gerade Linie das Gesetz der Ausdehnung gasförmiger
larstellt. Das abnorme Verhalten des Schwefels gegen
kungen der Wärme (§. 509) veranlafste ihn aber, die
ang desselben gerade in denjenigen Temperaturen zu
in denen dieses ungewöhnliche Verhalten eintritt. Er
sich hierzu solcher Apparate, womit er die Ausdeh-
pfbarer Flüssigkeiten untersucht hatte (§. 485), und
diese Weise, dafs der Schwefel im flüssigen Zustande
hmend ausdehnt. Die Coefficienten seiner wahren Aus-
sind:

von	110°	bis	130° C.	0,000622
—	110	—	150 —	0,000582
—	110	—	200 —	0,000454
—	110	—	250 —	0,000428.

ieses allerdings sehr auffallend; wenn aber den Formeln
Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten volles Vertrauen
so findet eben dieses Verhalten auch bei andern statt.
an nämlich in die Differentialgleichung zur Auffindung
sten Volumens oder der gröfsten Dichtigkeit:

$$\frac{\partial.(V-1)}{\partial t} = a + b.2t + c.3t + .. = 0$$

negativen Werthe für t vielmehr positive setzt, so
ie Wurzeln das Maximum des Volumens, also den
r geringsten Dichtigkeit, von wo an die Ausdehnungs-
ch der Axe der Abscissen wieder zu nähern beginnt.
weise führe ich nur das Mandelöl an, welches nach
Versuchen[1] diesen Punct bei + 296 des Luftthermo-
t. Dieses Resultat ist weniger auffallend; denn da
nicht eigentlich siedet, bei etwa 300° C. aber eine

---

ysteme, von der Thermometerscale und von der Natur der
abhängig seyn sollen. Ich finde indefs nicht, dafs irgendwo
von diesem analytischen Ausdrucke gemacht worden ist, auch
ohne nähere Bestimmung und Anwendung auf Gröfsen, die
ahrung gefunden worden sind, nicht wohl ein Urtheil dar-
n.

ber die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten.

Digitized by Google

Zersetzung erleidet, so stimmt dieses insofern mit der Th
überein, als man sagen kann, das Gesetz der regelmä
Ausdehnung dieser Flüssigkeit hört mit dem Beginnen
Zersetzung auf. Verfährt man auf gleiche Weise mit d
die Ausdehnung des liquiden Ammoniaks gefundenen Fo
findet man das Maximum seines Volumens einer Tem
$t = 74°,75$ zugehörend, und von hier an würde die
seiner Ausdehnung sich der Abscissenaxe wieder nähern
liefsen sich hieraus allerdings interessante Folgerungen a
allein, wie bereits (§. 483) bemerkt wurde, es sch
analytische Ausdruck, welcher das Gesetz der Ausdehnu
stellt, nicht in der Art absolut genau zu seyn, dafs
willkürlich auf alle höhere und tiefere Temperaturen
nen könnte.

c) Ausdehnung der gasförmigen Flüssigkeiten.

492) Nicht leicht galt im Gebiete der Physik üb
Bestimmung für so genau und sicher, als die der Au
der Gasarten und Dämpfe, wie diese durch Gay-Lu
funden worden ist[1]. Seit der Bekanntwerdung des d
sen Gelehrten erhaltenen Coefficienten = 0,00375 für
Niemand Zweifel dagegen erhoben, aufser die von
geäufserten, aus meinen eigenen Versuchen über die D
der Dämpfe beiläufig entnommenen, wonach dieser C
für feuchte Luft gilt, für trockne aber kleiner se
Können gleich meine, nicht absichtlich diesem Pro
widmeten Versuche auf eine zur Entscheidung dieser
Punctes erforderliche Genauigkeit keine Ansprüche ma
mag es immerhin gegründet seyn, dafs die Ausdeh
gasförmigen Körper dieselbe ist, so folgt doch durc
wegs, dafs ein Gemenge aus Luft und Dampf gleichf
eine ihrer Gröfse nach ganz gleiche Ausdehnung zeig
als welche jeder einzelnen derselben eigen ist; diese
ruht allein auf Gay-Lussac's Versuchen, die allerd
einer Controle bedurften, wie sich sogleich zeigen wi

1 Vergl. Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 625 ff.
2 Physikalische Abhandlungen. Giefs. 1816. S. 165.

der Wichtigkeit des bisher üblichen Coefficienten für
lehnung der Gase = 0,00375, welcher in zahllosen Fäl-
Anwendung kommt, war es ein sehr verdienstliches Un-
en, dafs Rudberg[1] denselben einer Prüfung unterwarf,
ige von ihm angestellte Versuche Abweichungen zeig-
auf einen Fehler in dieser Bestimmung deuteten. Für
essungen wählte er die Methode, die vorher ausge-
: atmosphärische Luft zu erhitzen, dann zu erkälten
dadurch bewirkte Zusammenziehung zu messen. Die-
hah mittelst Glaskugeln ab, welche gegen 150 Gramm Fig.
ber fafsten und mit einem dünnen, feinen, in eine sehr 73.
itze ausgezogenen Röhrchen versehn waren. Dieses
n ging luftdicht durch den Kork D in die mit Chlor-
gefüllte Röhre DE, und um die Luft gehörig auszu-
, wurde die Kugel 50- bis 60mal mittelst einer Wein-
pe erhitzt und demnächst erkältet oder das Ende E der
urde mittelst eines bleiernen Verbindungsstückes durch
pumpe wiederholt exantlirt. War die Luft gehörig ge-
und die Röhre DE mit einem Korke bei E verschlos-
rin ein kleines Loch zum freien Durchgange der Luft
so wurde der Apparat mittelst des aus zwei Theilen
den Korkes mn in das Heizgefäfs AB gebracht. Nach-
in diesem enthaltene Wasser etwa drei Viertelstunden
d gesiedet hatte, ward die Röhre DE weggenommen,
den noch etwa 10 Minuten fortgesetzt und die feine
ngeblasen. Alsdann folgte die Wägung des Mefsröhr-
f einer Waage, die noch 0,1 Milligr. mit Sicherheit
Zur demnächst folgenden Messung diente ein zweiter

Das Röhrchen ward durch die Oeffnung b in der Fig.
en Schale abc gesteckt, die auf dem beweglichen Arme 74.
te, vermittelst dessen die Spitze tief in das Quecksil-
Gefäfses EFHG hinabkam. Die Schale abc diente
ie Kugel allseitig mit Schnee zu umgeben, indem das
lzene Wasser durch die Röhre ablief. Nachdem durch
ingen von frischem Schnee während zwei Stunden und
die Kugel sicher bis auf 0° herabgebracht worden war,
s Quecksilber nach vorher abgebrochener Spitze vollständig
Apparat eindringen konnte, wurde die Spitze durch eine

---

[1] Poggendorff's Ann. XLI. 271.

Digitized by Google

weiche Masse aus Wachs und Terpentin verschlossen, der
rometerstand notirt, der Schnee weggenommen, und zur
stimmung des Höhenunterschiedes der Quecksilber-Niveau
Gefäfse und in der Kugel geschritten. Durch die Schraube
liefs sich die Hülse tm und der an ihrem Arme befestigte
g h so herabbringen, dafs letzterer über die Kugel herabg
das Niveau des Quecksilbers in dieser genau angab, die Spi
Schraube K aber das Quecksilber in der Wanne berührte;
Wegnahme des Mefsapparates gaben zwei parallele Linien
Abstand zwischen der Spitze und der unteren Fläche de
ges, und somit den Unterschied der Dichtigkeit der a
und der in der Kugel befindlichen Luft an. Alsdann
das wenige Wachs von der Spitze weggenommen, die
mit dem Quecksilber gewogen und das Ende des Röhrchens
gebogen, um es in Quecksilber zu tauchen und die Kugel
lich damit zu füllen. War dieses endlich durch Auskoch
aller Luft befreit und der Apparat durch Einsenken in
zendem Schnee völlig mit Quecksilber bei 0° Temperatur
so nahm man die Kugel weg und fing das auslaufende
silber auf, während die Kugel abermals im Erwärmungs
die Siedehitze annahm, und auf diese Weise liefs sich
Gewichte des ausgelaufenen und des in der Kugel zu
bliebenen Quecksilbers sowohl der Inhalt der Kugel
die Ausdehnung der Luft und die bereits (§. 473) ge
des Glases finden.

493) Nimmt man die Sache allgemein, also auch
die Kugel nicht bis 0° durch Eis erkältet, sondern
ähnlich eingerichteten Gefäfse im Wasser bis zu einer
ten niedrigen Temperatur abgekühlt wird, wie durch
in drei Versuchen wirklich geschah, so führen fol
trachtungen zur Auffindung der gesuchten Ausdehnung
ses. Es sey der Inhalt der Kugel = V; die nach de
meterstande corrigirte Temperatur des siedendheifsen
dampfes = T; der Barometerstand = H', die wahre
nung der Luft für 1° C. = α; die des Glases = δ; die
der Volumen-Einheit der trocknen Luft bei 0° Temp
0,76 Meter Barometerstand = a, so ist das Gewicht d
Kugel beim Zublasen der Spitze enthaltenen Luft

$$q = a \,.\, V \,.\, \frac{H'}{0{,}76} \,.\, \frac{1 + \delta T}{1 + \alpha T} \,.$$

Temperatur der Luft in der Kugel nach der Abkühlung, die Spitze abgebrochen ist, = t, der Barometerstand beim liefsen der Spitze mit Wachs = H″, der Höhenunter- beider Quecksilber-Niveaus = h, das Volumen der ab- en Luft = v, so ist bei unveränderter Masse der Luft:

$$q = a v \frac{H'' - h}{0{,}76} \cdot \frac{1 + \delta t}{1 + \alpha t}$$

de Werthe von q einander gleich gesetzt:

$$\frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} = \frac{V}{v} \cdot \frac{H'}{H'' - h} \cdot \frac{1 + \delta T}{1 + \delta t}.$$

wenn man das, was rechts vom Gleichheitszeichen steht, bezeichnet, die wahre Ausdehnung der Luft für 1° C.

$$\alpha = \frac{n - 1}{T - nt}.$$

e Kugel durch Schnee abgekühlt, so ist einfacher

$$n = \frac{V}{v} \cdot \frac{H'}{H'' - h} \cdot (1 + \delta T)$$

lich

$$\alpha = \frac{n - 1}{T}.$$

Formel mufs V und v bestimmt werden, da die übri- sen bekannt sind. Im zuletzt angenommenen Falle, = 0 ist, sey das Gewicht des die Kugel bei 0° C. fül- uecksilbers = P und das Gewicht des beim Erkalten l bis 0° in sie gedrungenen Quecksilbers = p, so ist

$$\frac{V}{v} = \frac{P}{P - p},$$

$$n = \frac{P}{P - p} \cdot \frac{H'}{H'' - h} \cdot (1 + \delta T).$$

bei wird δ, der Coefficient der Ausdehnung des Gla- ekannt vorausgesetzt oder vorher ermittelt, wie durch (§. 473) geschah. Ist t nicht = 0, so müssen die von P und p auf diese Temperatur reducirt werden; it dieses minder sichere Resultate, weil es kaum ist, die Temperatur des abkühlenden Wassers eine h lange Zeit gleichbleibend zu erhalten. Die drei rsuche, welche auf diese letztere Weise angestellt aben im Mittel 0,3623 für die Ausdehnung der Luft 0° und 100° C., neun andere aber mit Anwendung

Digitized by Google

des ersteren Verfahrens gaben im Mittel 0,3646, wobei d
treme 0,3636 und 0,3654 betrugen. In diesen Versuche
ren die Barometerstände, also auch die Temperaturen de
hitze und die Höhen der Quecksilbersäulen in den R
der Kugeln sehr ungleich, und da dennoch die einzelnen
so wenig von einander abweichen, so entscheidet die
stimmt für die Genauigkeit der Resultate, die auch, w
führlich gezeigt wird, nicht mit bedeutenden Fehlern
seyn können. Zwei absichtlich mit feuchter Luft an
Versuche, wobei jedoch kein tropfbares Wasser sicht
gaben den Coefficienten der Ausdehnung = 0,3840 und
wodurch höchst wahrscheinlich wird, dafs die von
Physikern und auch von Gay-Lussac und Dalton
nen fehlerhaften Resultate von der Anwesenheit des
dampfes herrührten, wie ich selbst gleich bei ihrer
werdung äufserte.

Rudberg[1] hat später noch einen eigenen Appara
irt, mittelst dessen die Ausdehnung der Luft durch
nahme ihrer Elasticität gemessen wird; mir scheint je
Methode minder sicher und mit gröfseren Schwierigk
bunden zu seyn, als die beschriebene, denn sie erf
Correction wegen der Capillarität eines dabei angebrach
Verbindungs-Röhrchens, die Röhre, welche die Elas
eingeschlossenen Luft durch eine aufsteigende Queck
mifst, ist oben offen und gestattet daher der feuchten
Zutritt zur Oberfläche dieser Quecksilbersäule, wo
Capillarität dieser Röhre Veränderungen unterliegt, un
läfst sich der, die zu messende Luft einschliefsende
minder leicht bis 0° C. erkälten und bis zur Sied
Wassers erwärmen. Bei der Gewissenhaftigkeit und e
tellen Fertigkeit des der Wissenschaft leider zu früh e
schwedischen Physikers läfst sich aber voraussetzen,
auch bei der Anwendung dieses zweiten Apparates d
meidung möglicher Fehler richtige Resultate erlangt h
da er vermittelst desselben abermals durch zwölf Ver
Coefficienten der Ausdehnung trockner Luft = 0,3645
tel erhielt, wobei die Extreme der einzelnen Resul
und 0,3664 betragen, so mufs in Zukunft der Coef

1 Poggendorff's Ann. XLIV. 119.

ung trockner Luft = 0,3646 oder kürzer = 0,365
Temperaturunterschied zwischen den beiden festen
des Thermometers angenommen werden, statt dafs hier-
er die Bestimmung Gay-Lussac's = 0,375 als richtig
ie so lange Zeit gangbaren Bestimmungen 0,00375 und
verwandeln sich diesemnach für die Zukunft in 0,003646
0365 und $\frac{1}{273,97}$ oder $\frac{1}{274,27\ldots}$. Am angemessen-
ite es seyn, 0,00365 und $\frac{1}{274}$ zu wählen.

1) Zu diesem höchst wichtigen Nachtrage der Unter-
en über die Ausdehnung gasförmiger Körper lassen sich
nige minder umfangreiche hinzufügen. Dahin gehört
chlich eine Messung Parry's [1], welcher die Ausdehnung
: zwischen 12°,78 C. und — 37° C. für 1° C. = 0,003629
Da hierbei die Correction für die Ausdehnung des Glases
rwähnt ist, so läfst sich diese in genähertem Werthe
gen, und es beträgt dann diese Gröfse 0,003632, also
ir einen Temperaturunterschied von 0° bis 100° C. der
ent der Ausdehnung trockner Luft = 0,3632, welche
nung von der durch Rudberg gefundenen um einen
hied abweicht, welcher innerhalb der Fehlergrenze sol-
ersuche liegt [2]. Auf jeden Fall dient auch dieses Resul-
Bestätigung des durch Rudberg gefundenen Coefficien-
d streitet gegen die Richtigkeit des früher durch Gay-
: erhaltenen.
hliefslich möge hier noch bemerkt werden, dafs nach
isher bekannt gewordenen genauen Versuchen die Aus-
gslinie der atmosphärischen Luft eine gerade ist, d. h.
r Coefficient der Volumensvermehrung für alle richtige
des Thermometers unverändert bleibt. Einen thatsächli-
eweis hierfür liefert Parry's Messung bei sehr niedri-

---

[1] Appendix to Capt. Parry's second Voyage cet. Lond. 1825.
46.

[2] Wenn man berücksichtigt, dafs der Weingeist sich in niederen
weniger zusammenzieht, so bedürfen die mit einem Wein-
rmometer gemessenen Grade einer Correction, wodurch der er-
Coefficient etwas gröfser und also dem durch Rudberg gefun-
noch ähnlicher werden würde.

Digitized by Google

gen Thermometergraden. Inzwischen sucht Meikle[1] den Calcül zu beweisen, dafs für eine arithmetische Re Thermometergrade die Ausdehnung der Luft eine geom bilde. Wir verweisen in dieser Beziehung auf die oben mitgetheilten Untersuchungen.

2) Schmelzen und Gefrieren.

495) Das Schmelzen oder die Schmelzung, das F werden (*Fusio;* Fusion, Fonte; *Melting, Liquefaction*, dem Gefrieren, der Gefrierung (*Congelatio;* Congélation; *zing, Congelation*) entgegen, streng wissenschaftlich kan wenn von den Wirkungen der Wärme geredet wird, n Schmelzen die Rede seyn, denn dieses wird durch die bewirkt, statt dafs durch deren Entziehung das Gesch Gefrieren eintritt. Dabei pflegt man, ohne eigentlich b Feststellung der Wortbedeutung, sich des Ausdrucks G oder *Festwerden* bei solchen Körpern zu bedienen, w dem Schmelzpuncte des Eises flüssig werden, den *Gefrieren* aber bei solchen zu gebrauchen, die bei e diesem Puncte in den Zustand der Festigkeit übergehe Wesen nach findet hierbei kein Unterschied statt, den mein verändert die Zunahme der Wärme den Aggreg aller festen Körper so, dafs sie in den der tropfbaren F keit übergehen, was man sich auch so vorstellen kann, den die starren Körper im Wärmestoff aufgelöst[2]. D lichste Hypothese zur Vorstellung dieser Veränderung wonach die Anziehung der Körper-Molecüle durch die sion der sie umgebenden Wärmesphären bis zu den überwunden wird, dafs jene ohne mefsbares Hinder Lage gegen einander annehmen und sich frei um ein wegen. Sofern aber diese Wirkung auf den allgem gen Kräften beruht, deren stabiles Gleichgewicht der

---

1 Philos. Mag. and Ann. T. XI. p. 243.

2 Rob. Boyle leitete schon das Schmelzen von der W statt dafs Gassendi und Andere eine Kältematerie annahmen, aber dasselbe als eine durch das Eindringen seines zweiten Elementes erzeugte Bewegung betrachtete. S. Princip. p IV. prop. 48 und Meteor. C. 1. §. 7. Musschenbroek hielt a das Gefrieren für eine Folge des Eindringens einer feine S. Introd. §. 1504.

Digitized by Google

nd der Körper bedingt, müsste eigentlich jener Ueber-
ron der Starrheit zur Flüssigkeit und dann weiter
sform allgemein bei allen Körpern statt finden, allein
t deren viele, namentlich unter den nach feineren
nnigfach modificirten Anziehungsgesetzen gebildeten
hen Substanzen, welche den einen dieser Zustände
ngen und durch den Einfluſs der Wärme unmit-
ms der Starrheit zur Gasform durch Zersetztwerden
. Darf ferner aus anderweitigen Erscheinungen ge-
werden, daſs die Molecüle der Körper wesentlich,
h in Beziehung auf jene ihnen inwohnenden Kräfte,
len sind, so müssen auch ungleiche Wärmemengen ei-
ergang derselben von der Starrheit zum Zustand der
eit und Gasform zu erzeugen vermögen, ohne daſs wir
wegen Mangels einer genaueren Kenntniſs der eigentli-
schaffenheit dieser Molecüle die leichtere oder schwe-
melzbarkeit der aus ihnen gebildeten Körper theore-
bestimmen vermögen. Gehen wir aber weiter von den
Körpern zu den zusammengesetzten über, so zeigen
ort so verwickelte Erscheinungen rücksichtlich ihres
ges aus dem einen Zustande in den andern, daſs bei
rachtung jede Hoffnung schwindet, die hierbei wirk-
esetze auf die eigenthümliche Beschaffenheit der Mole-
ickzuführen. Ueberhaupt ist die Menge und Mannig-
der Phänomene, die sich in dieser Beziehung der Be-
darbieten, so ausnehmend groſs, daſs es vor der Hand
nessensten erscheinen muſs, die Thatsachen im Einzel-
zu erforschen, das Gemeinsame derselben zusammen-
und die Auffindung allgemein gültiger Gesetze der
zu überlassen. Zwei Dinge verdienen hierbei vor-
beachtet zu werden; zuerst der groſse Unterschied
teren und schwereren Ueberganges aus der Starrheit
igkeit, wonach man *leichtflüssige* und *strengflüssige*
nterscheidet, indem einige stets flüssig bleiben oder
kaum erreichbare Entziehung der Wärme gefrieren,
jetzt durch die stärkste Hitze nicht in Fluſs gebracht
und zweitens das sehr ungleiche Verhalten, welches
liesem Uebergange zeigt, indem einige in merklicher
e erst weich und dann flüssig werden, andere plötz-
dem einen Zustande in den andern übergehn, einige

Digitized by Google

hierbei eine Vermehrung, andere eine Verminderung
lumens zeigen, anderweitiger Verschiedenheiten nic
denken. Im Allgemeinen ist übrigens noch zu berück
wenn es sich um den Gefrierpunct und den Sch
handelt, das heiſst, um die scharfe Bestimmung derjeni
peratur, bei welcher der Uebergang aus dem flüssig
festen Aggregatzustand erfolgt oder umgekehrt, daſs
der Natur der Sache nach zusammenfallen müſsten, d
rung gemäſs aber meistens dieses nicht zu thun schei
lerdings giebt es verschiedene Körper, welche dur
weicher und zunehmend weicher werden, so daſs
Zustande der Starrheit nicht gemäſs, sich biegen, k
formen lassen, mithin aus dem festen in einen weich
flüssigen und endlich eigentlich flüssigen Zustand
wie dieses namentlich bei den Fetten, dem Wachse,
zen und andern, aber auch beim Eisen und Platin de
welche sich daher in diesem Zustande der Weichheit
einigen, die Metalle sich schweiſsen lassen; Zinn wir
Schmelzen brüchig und locker, und so giebt es noc
einzelne Modificationen. Handelt es sich aber um die
wonach der Gefrierpunct und der Schmelzpunct solch
wobei die genannten Erscheinungen fehlen, nicht gen
menfallen, ja nicht selten scheinbar um viele Grade
der abstehn, so liegt die Ursache hiervon in dem
daſs bei dieser Formänderung allezeit Wärme latent
wird, welche sich nur schwer trennt oder auch la
allmälig aufgenommen wird. Hierauf beruhet die S
periode der Erkaltung oder Erwärmung, welche
Ausnahme, wenn gleich mehr oder minder auffallend,
bergange aus dem einen in den andern dieser Zustän
(§. 497). Am auffallendsten zeigt sich dieses bei dem
ten Verhalten des Wassers, welches sich bis tief un
Gefrierpunct erkälten läſst, dann durch Bewegung sog
Theil gefriert und bis 0° steigt. Despretz[1] beme
mit Recht, daſs man den Gefrierpunct eines Körpers
in diejenige Temperatur setzen müsse, bei welcher di
Flüssigkeit zu gestehn beginnt und bei welcher sie
harret, bis sie gänzlich fest geworden ist. Die dann ge

1 Poggendorff's Ann. XLI. 493.

ur ist zugleich auch die des Schmelzens. Salzlösungen haupt solche Verbindungen, bei denen eine Trennung erer gestehenden Antheile von den leichter gefrieren- findet, wie dieses namentlich bei Auflösungen im aber auch bei Metalllegirungen der Fall ist, machen ine Ausnahme, was Despretz nicht gehörig gewür- aben scheint; denn wenn bei Salzsolutionen die Aus- eines gesättigten Antheils durch Bewegung gehindert ann das Gefrieren weniger leicht erfolgen; auch erzählt , dafs die Oberfläche des Meeres vor der Bildung ei- n Eisdecke, die durch nachfolgende Bewegung sofort Stückchen zerbrochen wird, momentan als ganz heine. Sehr richtig aber bemerkt Despretz[1], dafs ade Bewegung die Theilchen leichter in diejenige gt, worin sie die stärkste Attraction ausüben, und Gefrieren sowohl des reinen, als auch des salz- Vassers mehr befördert, als eine heftige, die es sogar n vermag. Sind die Flüssigkeiten in enge Röhren ssen, so geht ihr Gefrierpunct weit tiefer herab, als sich in weiteren Gefäfsen befinden, nach begonnenem tritt aber sofort der eigentliche Gefrierpunct ein, das Flüssigkeit nimmt die diesem zugehörige Tempera-

Das *Eis* zeigt bei seinem Uebergange in den tropf- en Zustand und umgekehrt bei der Verwandlung ers in diesen festen Körper so ziemlich alle die gen Erscheinungen, die in Beziehung auf das Schmel- efrieren Beachtung verdienen, und hat daher stets die mkeit der Physiker vorzüglich in Anspruch genommen. irt vorzugsweise die Ausdehnung des Wassers vor seinem , die Entbindung der latenten Wärme bei dieser Ver- in einen festen Körper, die Ausdehnung des festen seinem Entstehn und sein krystallinisches Gefüge. dem Eise bereits ein eigener Artikel gewidmet worden önnen hier nur einige seitdem hinzugekommene neue aufgenommen werden. Diese beziehn sich zuerst auf der gröfsten Dichtigkeit des erkaltenden Wassers,

[1] stitut. 5me Ann. N. 218. p. 288.
äs. Bd. III. S. 99.

Digitized by Google

welcher nach den genauesten Untersuchungen (§. 45
3°,9 C. liegt. Inwiefern das Wasser diese Eigenschaft
Zusatz von Salzen verliert, hatte man bisher hauptsächlich
bei Seewasser untersucht. Nach der aus meinen Mes
der Ausdehnung dieser Flüssigkeit erhaltenen Formel tri
gröfste Dichtigkeit bei — 5°,25 C. ein, was vollkom
einer Angabe von PARROT[2] übereinstimmt, wonach
stallisation des Seewassers genau bei dieser Temperatur
Inzwischen ist bereits sehr ausführlich über den Pro
Gefrierens des *Seewassers* gehandelt worden[3] und
daher hier nur einiger weniger Bemerkungen.

Insbesondere verdienen die von DESPRETZ[4] a
Untersuchungen über das Gefrieren und die Puncte der
Dichtigkeit der Salzlösungen hier erwähnt zu werden
einem Mittel aus 12 Versuchen gefror Seewasser v
specif. Gewicht bei — 2°,55 C. und das Thermo
dabei auf — 1°,84, das Maximum der Dichtigkeit
— 3°,67 C. ein und soll von MARCET[5] und ERMAN d
gefunden worden seyn, weil sie dasselbe über dem G
suchten. Diese Angabe wird auf keine andere Weise
als wenn man annimmt, dafs das Seewasser ruhig
bis unter — 3°,67 erkälten läfst und dabei an Dich
nimmt, bewegt aber schon bei — 2°,55 gefriert; dann
Maximum der Dichtigkeit ganz eigentlich unter dem
puncte, so müfste das eben entstandene Eis schwere
das Wasser, was gegen alle Erfahrung streitet.

497) ERMAN's[6] Untersuchungen, worauf sich die
bene Aeufserung bezieht, sind diejenigen, welche dieser
Wunsch A. v. HUMBOLDT's anstellte, weil es von
Wichtigkeit ist, darüber Gewifsheit zu erlangen, ob das
wasser auf gleiche Weise ein Maximum der Dichtigk
sofern verschiedene sicher begründete Phänomene hierm
vereinbar seyn würden. Man darf, um sich hiervon

1 Mém. prés. à l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersb. T.
2 Physikalische Beob. des Captain Lieutenant Baron v.
Berl. 1827. S. 32.
3 S. Art. *Eis* Bd. III. S. 140 und *Meer*. Bd. VI. S. 1694.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 1. Poggendorff's An
5 Dessen Versuche s. Bd. VI. S. 1692.
6 Poggendorff's Ann. XII. 436.

Digitized by Google

ter andern nur einen Blick auf die Tabelle[1] der Tem-
les Meeres in verschiedenen Tiefen wenden, um sich
gen, dafs diese nicht so seyn könnten, wie sie ge-
rden, wenn nicht das mit abnehmender Temperatur
dichter werdende Wasser stets tiefer hinabsänke.
ihlte zur Lösung dieses wichtigen Problems die ver-
n bisher angewandten Methoden, und zwar zuerst die
tatischen Wägungen, wozu ihm eine massive Glas-
iner empfindlichen Wage diente. Aus 21 Bestim-
iebt sich, dafs Salzwasser von 1,0270 spec. Gewichte,
Seewasser im Mittel gleich, sich von — 3°,87 C.
5 durch Temperaturvermehrung fortwährend ausdehnt.
die Erkältung bis zu dieser tiefen Temperatur trei-
mufs das Wasser ganz ruhig bleiben, denn von
. an werden die Eisnadeln an den Seitenwandungen
gebildet, es wird hierbei Salz ausgeschieden, ohne
ein Maximum der Dichtigkeit zum Vorschein kommt.
mit einem Nicholson'schen Aräometer innerhalb
nd + 15° C. gaben ganz gleiche Resultate. Bei der
g der Hope'schen Methode zeigte das untere Ther-
rtdauernd tiefere Grade als das obere, statt dafs bei
sser das Gegentheil eintrat. Endlich wandte er eine
Zweck noch nicht benutzte Methode an, welche
ht, die Zeiten des Erkaltens zu beobachten, weil bei
chselpuncte der Dichtigkeiten nach den Beobachtun-
ERG's (§. 457) ein Stillstand oder eine Verzögerung
ens eintreten mufs. Wirklich zeigte sich dieses auch
en Wasser sehr auffallend, indem das Herabsinken
C. bis 5° nur 40,8 Sec., von 3°,75 bis 2°,5 aber 17
von 2°,5 bis 1°,25 wieder 30 Sec., von 5° bis 3°,75
08,2 Sec. erforderte. Salzwasser von 1,027 spec. Ge-
gte aber einen solchen Stillstand selbst bis — 5° C.
ht. Interessante Resultate gab die Anwendung dieser
auf minder gehaltreiche Salzlösungen. Bei einer sol-
1,02 spec. Gewichte ging die Erkaltung regelmäfsig
— 1°,5 C., dann aber trat ein lange dauernder Stillstand
ei sich am Boden des Gefäfses Eis bildete, wonach
dem Maximum der Dichtigkeit zugehörige Stillstand

---

[1] Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1676.

Digitized by Google

mit dem durch die Eisbildung erzeugten zusammenfällt. diese Solution hat daher kein über — 1°,25 C. liegendes mum der Dichtigkeit, vielmehr fällt dasselbe mit dem puncte zusammen. Bei einer Solution von 1,01 spec. dagegen blieb das Thermometer lange stationär bei fiel dann bis — 2°,5, die Eisbildung begann und das meter stieg wieder bis — 0,625, welches für den dieser Lösung gelten kann. Hieraus folgt daher, ser von 1,027 spec. Gewicht kein Maximum der hat, denn selbst beim Gefrieren eines Theiles wird schieden, und das Maximum sinkt tiefer herab, sofern sammenziehung der Flüssigkeit stets zunimmt. Bei von 1,02 spec. Gewicht findet gleichfalls kein Dichtigkeit statt oder es fällt mit dem Gefrierpuncte zusammen, bei Salzwasser von 1,01 spec. liegt dieses Maximum ungefähr bei 1,875 C.

Bewogen durch die angegebene Aeufserung revidirte Erman[1] seine früheren Versuche, ohne Fehler in den angestellten Berechnungen zu entdecken dem aber stellte er mit einem dem früheren ähnlichen meter abermals eine Versuchsreihe an, die er jedoch — 1°,475 bis 23°,44 ausdehnte und mit den in destillirtem Wasser von 0° bis fast 28° C. letzterem zeigte sich deutlich das Maximum der bei der Salzsolution von 1,027 spec. Gewicht war deutung davon zu entdecken. Dieses zeigte schon Uebersicht der gemessenen Gröfsen; es ging aber noch fälliger aus der alle Bedingungen und Correctionen den Berechnung hervor, denn die Differentialgleichung Maximum der Dichtigkeit nach den beobachteten nur imaginäre Werthe, was auf das Fehlen eines solchen mums deutet[2]. Erman vermuthet daher mit Recht,

1 Poggendorff's Ann. XLI. 72.

2 Nach der aus meinen Versuchen §. 487 gefundenen hat das Seewasser allerdings einen Punct der gröfsten Dichtigkeit was aus theoretischen Gründen mehr Wahrscheinlichkeit für sofern die wesentlichen Eigenschaften des Wassers durch Salze nicht geändert werden. Wenn aber die Temperatur Maximums der Dichtigkeit unter dem Gefrierpuncte zu liegen so ist zwar die erhaltene Bestimmung aus angegebenen Gründen

: durch die beginnende Eisbildung im Salzwasser ge-
/orden sey und ein Gemenge aus Eis und flüssiger
ösung specifisch leichter gefunden habe, als die Flüs-
us welcher dieses entstanden war.

Wenn gleich die durch Despretz erhaltenen Resul-
die Anwesenheit eines Maximums der Dichtigkeit bei
nen und über ihren Gefrierpunct etwas verdächtig
sofern man wohl als erwiesen annehmen kann, dafs
ängliche Entstehung des Eises, zwischen dessen Theil-
concentrirtere Lösung zurückblieb, übersehen habe,
blos Erman's eben mitgetheilte Erläuterungen, son-
Parrot's frühere Versuche[1] genügend darthun, so
dennoch die Ergebnisse seiner zahlreichen Versuche
igen Auflösungen verschiedener Salze im Wasser[2]
itheilt zu werden, aus denen im Allgemeinen hervor-

---

her, noch weniger ist dieses aber in Beziehung auf den Ge-
der Fall, welcher durch das Ausscheiden des Salzes bedingt
ser Umstand verdient sehr beachtet zu werden, denn es ist
i möglich, die verschiedenen, durch Versuche und Beobach-
ltenen Resultate über den Gefrierpunct und die Tempera-
öfsten Dichtigkeit des Seewassers unter sich zu vereinigen
der Theorie in Einklang zu bringen, obgleich die genaue
g der Wahrheit bei einer so einfachen Aufgabe nichts we-
chwierig zu seyn scheint. Nach meinen Versuchen und der
ltenen Formel ist die Temperatur des Seewassers bei sei-
n Dichtigkeit = — 5° C. Steht der Genauigkeit dieser Be-
gleich der Umstand entgegen, dafs die Formel bis zur vier-
der Temperaturen ausgedehnt ist, wie oben §. 484 bemerkt
kann doch die Abweichung nicht grofs seyn, wenn man die
uf gleiche Weise erhaltenen, Resultate berücksichtigt. Der
Uebereinstimmung mit der Erfahrung wird aber leicht er-
enn man berücksichtigt, dafs die nach der Formel gefundene
r für das Maximum der Dichtigkeit dann statt finden würde,
Mischungsverhältnifs der Salzsolution unverändert bliebe, in
alle sie bis —5° C. erkältet bei dieser Temperatur am dich-
n und sofort gänzlich gefrieren würde. Dieses wird aber
inzwischen erfolgende Ausscheidung des Salzes gehindert,
e Formel jedoch keine Auskunft geben kann. Jenachdem
heidung des Salzes leichter erfolgt, trifft das Gefrieren eine
minder gesättigte Solution und der Gefrierpunct rückt
hinauf, woraus dann die ungleichen Bestimmungen des Ge-
s erklärlich werden.

LXVII. 144 ff.

n. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 1. Poggendorff's Ann. XLI. 66.

geht, dafs durch Vermehrung der aufgelösten Salzmenge wohl das Maximum der Dichtigkeit, als auch der Gefrie des reinen Wassers tiefer herabgeht. Hierbei versteht sich selbst, dafs in den Fällen, wenn das Maximum der Dich einer tieferen Temperatur zugehört, als wobei der Gefrie liegt, die Lösung sich auf gleiche Weise, als das Wasse zu mehreren Graden unter den Gefrierpunct durch ruhiges hen erkalten liefs. Es wird indefs genügen, nur die Re tabellarisch zusammenzustellen, wobei zu bemerken, da Menge des Wassers, worin die angegebenen Salzmengen löst waren, stets 997450 betrug.

Menge der aufgelösten Salze.		Temperat. des Maximums der Dichtigkeiten.
Salzsaures Natron . .	12346 Th.	1°,19 C.
	24692 —	— 1,69
	37039 —	— 4,75
	74078 —	— 16,00
Salzsaurer Kalk . . .	6173 —	2,04
	24692 —	0,06
	37039 —	— 2,43
	74078 —	— 10,43
Schwefelsaures Kali .	6173 —	2,92
	12346 —	1,91
	24692 —	— 0,11
	37039 —	— 2,28
	74078 —	— 8,37
Schwefelsaures Natron .	6173 —	2,52
	12346 —	1,15
	24692 —	— 1,51
	37039 —	— 4,33
	74078 —	— 12,26
Kohlensaures Kali . .	37039 —	— 3,95
	74078 —	— 12,41
Kohlensaures Natron .	37039 —	— 7,01
	74078 —	— 17,30
Schwefelsaures Kupfer .	57996 —	— 0,62
Reine Pottasche . . .	37039 —	— 5,64
	74078 —	— 15,95
Schwefelsäure . . .	6173 —	2,18
	12346 —	0,60
	18974 —	— 1,92
	37039 —	— 5,02
	74078 —	— 13,72
Alkohol	74078 —	2,30

Digitized by Google

n ersieht man hieraus, dafs das Maximum der Dich-
; Wassers durch Zusatz von Salzen, Säuren und Al-
zunehmender Menge der letzteren stets zu niedrigern
ren weiter hinabrückt, und zwar bei einigen Sub-
ehr, bei andern weniger, Margarinsäure dagegen. Oel-
arinsäure, Olivenöl, Cetin, Paraffin und Naphthalin
h fortdauernd zusammen, ohne ein Maximum der
t zu zeigen.

nit stimmen im Ganzen die Resultate überein, welche
erhalten hat, unter denen sich sehr viel Bekanntes
swegen ich nur Weniges heraushebe. Eine concentrirte
n schwefelsaurem Natron in Wasser erkaltet in Ruhe
mehrere Grade unter 0, Erschütterung aber oder das
gen eines kleinen Krystalls oder eines sonstigen
Körpers bewirkt augenblickliche Krystallisation un-
er Wärmeentwicklung und Vermehrung des Volu-
zteres zeigte sich, als die Flüssigkeit in einem Kol-
ngem Halse krystallisirte und das Volumen von 1000
wuchs, ohne Aufsteigen von Luftblasen. Bellani
: Raumvermehrung sey Folge davon, dafs das Wasser
is in dem Salze befinde, was wohl keiner Wider-
darf. Schwefelsaure Thonerde läfst sich gleichfalls
n, und beim Krystallisiren erfolgt Vermehrung des
; bei Salpetersolution ist letztere nicht wahrnehmbar,
der Einflufs des Erkaltens, so wie die Zusammen-
es Glases, nicht berücksichtigt. Eine Lösung von
noniak in Wasser mit einem Zusatz von 0,1 Alkohol
te bei — 10° C., ohne dafs die Flüssigkeit gefror,
Kampferspiritus widerstand noch gröfserer Kälte
dann keine Volumensvermehrung[2]. Sächsisches
schwach rauchend, von 1,840 spec. Gewicht, gefror
, zerfloss aber gestanden erst bei 11°,25; verdünntes
spec. Gewicht schmolz bei 8°, beide mit Vermin-
s Volumens, und zwar war diese Zusammenziehung bei

---

natelli Giorn. di Fisica, Chim. cet. Bim. 3 e 4. T. X. Dar-
ier Zeitschrift Bd. III. S. 481. Eine frühere Abh. dessel-
ich ebend. Bd. VI.

en diese beiden Versuche eigentlichen Werth haben, so
Thatsachen genauer bestimmt und die Nebenbedingungen
en seyn.

dem verdünnten am gröfsten. Radicalessig liefs sich bis und noch tiefer erkälten, ohne zu gestehn, sein eigen Krystallisations- und Schmelzpunct soll aber bei 21°,25 und keine Ausdehnung, vielmehr eine Zusammenziehung ben hierbei statt finden. Die Flüssigkeitsgrenze des Ölä setzt Bellani auf 5°,25, ferner die des Stearins auf 21°,2 Oleins auf — 5°; beide vereint können bedeutend erkalte zu gestehn, vorzüglich wenn sie vorher stark erhitzt wur unter keiner Bedingung findet eine Ausdehnung derselbe das Gefrieren statt.

Ueber die bekannte Ausdehnung des entstehenden Ei neuere und aus dem Grunde werthvolle Versuche angest den, weil aus ihnen hervorgeht, dafs die Kälte, in welch seine enorme Kraft ausübt, nicht eben sehr intensiv se und dabei eine gänzliche Erstarrung des gesammten nicht erfordert wird[1]. Im Arsenal zu Warschau wu eiserne Bombe mit Wasser gefüllt, durch eine eiserne verschlossen und einer Kälte von — 6°,11 C. a worauf sie nach 7 Stunden so zersprengt wurde, eine Stück 10 Fufs, das andere 7 Fufs weit fortg dert war, ungeachtet die Dicke der Eiskruste nur betrug. Eine andere Bombe zerborst in einer Kä — 2°,22 C., eins der Stücke flog bis 4 Fufs weit, Eiskruste betrug nur 13 Linien. Vauquelin[2] liefs gen sowohl von Salpeter, als auch Salmiak und Glau Kugeln mit engeren Röhren krystallisiren und fand, mit starker Gewalt aus einander gesprengt wurden; al diese Versuche wiederholte, fand er das Resultat nicht vielleicht weil die Solutionen einen verschiedenen Concentration hatten.

499) Behalten wir bei den übrigen nachträglich kungen über das *Eis* die in diesem Artikel durch Hau folgte Ordnung bei, so läfst sich an das, was dort Bestimmung der *Krystallform* desselben nach Clarke[4]

1 Biblioth. univ. 1830. Fevr. p. 314. Wiener Zeitschrift S. 469. Dingler's polytechnisches Journ. Bd. XXXV. S. 35

2 Ann. de Chim. T. XIV. p. 286.

3 Schweigger's Journ. LX. 12.

4 Trans. of the Phil. Soc. of Cambridge. T. I. P. II. gue univ. T. XXVIII. p. 47. Edinb. Philos. Jour. N. IX. p.

ist, noch Folgendes anknüpfen. Nach Smithson[1] ist dessen
form eine doppelt-sechsseitige Pyramide, wie Bergkrystall,
m Winkel von 80° an der Vereinigung beider Pyra-
Die Spitze der einen Pyramide ist abgestumpft, und
rkt hierbei, dafs solche Krystalle nach Haux durch
lektrisch werden. Am genügendsten ist wohl diese Aufga-
Brewster[2] behandelt worden, welcher schon früher
hatte, dafs das Eis ein das Licht doppelt brechender
sey, von einer einzigen optischen Axe, welche senk-
gen die Fläche des auf ruhigem Wasser gebildeten Eises
ieraus folgert er, dafs dasselbe entweder zum rhom-
en oder sechsgliedrigen oder viergliedrigen Krystalli-
steme gehöre, und es gelang ihm, hierüber bestimmter
en zu können. Am Morgen nach einer kalten Nacht
aus einem runden Wasserbassin, welches gegen jede
g der Luft durch eine steinerne Brustwehr geschützt
e sehr dünne, gänzlich blasenfreie und vollkommen
ige Eisplatte, und freute sich, bei näherer Unter-
die dreiflächigen Spitzen zweier sehr stumpfen Rhom-
entdecken, die sich über die Fläche erhoben. Als
tte dem polarisirten Lichte ausgesetzt wurde, zeigte
gegen ihre Fläche lothrechten Richtung das positive
ystem der Ringe. Eine Messung der Winkel war
wegen der Wärme des Tages und der zu grofsen
g von dem Hause, wohin es gebracht werden mufste.
riebene Krystallisation glich genau einigen Exemplaren
's *Chaux carbonatée basée*, die Brewster sah, auf
ner Oberfläche mehrere abgestumpfte Spitzen von
– Rhomboëdern mit ihrer Axe lothrecht gegen die
r Platte gebildet waren. Die Mannigfaltigkeit der
g dieser Krystalle zeigt sich vorzüglich in den *Schnee-*
und in den blumigen Gebilden auf Fensterscheiben,
nzeln zu untersuchen ins Unendliche führen würde[4].

---

als of Philos. New Ser. 1823. Mai p. 340. Vergl. Berzelius
1825. S. 75.

d. and Edinb. Phil. Mag. N. XXII. p. 245. Poggendorff's
I. 399.

gl. *Schnee.* Bd. IX. S. 556 und die dazu gehörigen Tafeln.

gl. Hessel's Bemerkungen in Kastner's Archiv. Bd. X. S.
ngleiche Wärmeleitung der Glasscheiben kommt bei diesem

Digitized by Google

Ein kürzlich von mir beobachtetes, gewifs sehr seltenes, nomen war, dafs nach einer kalten Nacht in einem ungeh Zimmer die Fensterscheiben überall mit Wasser stark b waren, welches sich beim Abwischen in einen nur mit wegzuschaffenden undurchsichtigen Ueberzug von Eis ve delte. Durch den Einflufs sehr intensiver Kälte erzeug im Wasser schnell eine Menge Eiskrystalle, zwischen die noch nicht gefrornen Theile verbreitet und so einge sen sind, dafs das Ganze eine wenig durchsichtige, h scheinende Masse bildet, derjenigen sehr ähnlich, die hält, wenn eine gesättigte Solution von schwefelsaurem in einem luftleeren Medicinglase nach dem Sieden erk und beim Oeffnen des Glases plötzlich krystallisirt Letzteres Phänomen, so wie überhaupt das Krystallisiren, gleichfalls unter die Processe des Gefrierens gerechnet es findet dabei aber der wesentliche Unterschied statt, der Bildung der Krystalle diese sich von dem hete Menstruum trennen, beim Gefrieren aber homogene M dem Zustande der Flüssigkeit in den der Festigkeit weswegen auch bei jenen kein Gefrierpunct statt fin Aehnlichkeit beider Processe, namentlich des Gesteh Glaubersalzlösung und des Gefrierens des Wassers, beru blofs auf der Eigenthümlichkeit, dafs in beiden Fälle einer Masse vereinten Krystalle in ihren Zwischenräum sigkeit eingeschlossen enthalten, die beim Wasser spät falls in Eis verwandelt wird und dann die Ausdeh letzteren bewirkt. Am deutlichsten gewahrt man dies Wasser im luftleeren Raume gefriert, namentlich bei suchen mit dem *Kryophorus* (§. 469), und hieraus er leicht die bekannte Ausdehnung des Eises sowohl als auch die ungleiche Gröfse derselben im Beson nicht minder der Umstand, dafs sich selbst in dem im gebildeten Eise kleine Bläschen zeigen, die dadurch dafs die schon gebildeten Krystalle durch die neu

Processe gleichfalls in Betrachtung. Legt man an die Au Fensterscheibe im Winter eine Metallplatte an, so wird sie Stelle nicht mit Eis bedeckt, weil das Metall die Wär nach Carena in Bibl. univ. T. II. p. 238, ist aber inwendig aufgeklebt, so ist der Niederschlag hierauf stärker, als auf d nach Biot Traité. T. IV. p. 66.

ifsere Räume ausgedehnt werden, als das zwischenbefind-
Wasser auszufüllen vermag, oder dafs die durch das Ge-
frei werdende Wärme Dampfbläschen bildet, welche
das nachher entstehende Eis umschlossen werden. So
nter andern Bellani[1] bei seinen ausführlichen Unter-
gen über die Erscheinungen des Gefrierens in 6 Ver-
das specifische Gewicht des Eises zwischen 0,885 und
wie auch nicht minder die beträchtliche Ausdehnung
gen, welches aus luftfreiem Wasser nach wiederholtem
Auskochen in einer Glasröhre gebildet wurde, was als
gegen Homberg's[2] Ansicht gelten kann, nach welcher
sdehnung eine Folge der aus dem Wasser entweichen-
ift seyn soll. Dafs auch in solchem Eise, welches im
entsteht, kleine Bläschen erzeugt werden, beobachtete
D-Latour[3], als er Wasser in kleinen Wasserhäm-
efrieren liefs; es versteht sich aber von selbst, dafs das
so viel klarer ist, je reiner das Wasser war, woraus es
wurde, und je weniger Bläschen sich darin befinden,
tztere machen es undurchsichtiger[4]. Eine höchst merk-
Erscheinung bleibt stets die Zusammenziehung des
bis zum Maximum seiner Dichtigkeit und dann die
de Ausdehnung desselben bei zunehmender Kälte, die
rere Grade unter den Gefrierpunct bei vollkommener
rgeht. Das plötzliche Gefrieren eines Theiles oder bei
r sehr starker Kälte des Ganzen, was jedoch nur Täu-
st, sofern der noch nicht erstarrte Antheil des Wassers
den Eiskrystallen mechanisch festgehalten wird und
er allmälig unter fortdauernder Ausdehnung der bereits
Masse gefriert, läfst sich leicht aus der Analogie mit
stallisationsprocesse im Allgemeinen erklären. Unrichtig
dieses durch Holmann[5] und Kraft[6], welche glaub-
ey das plötzliche Gefrieren eine Folge der von aufsen
mmenden Wärme, die das Wasser ausdehne und somit

---

ugnatelli Giornale. T. I. p. 410.
m. de l'Acad. 1699.
Institut. VIIme Ann. N. 318. p. 42.
erican Journ. of Science and Arts. 1821. Febr. Bibl. univ.
. 243.
tt. gelehrte Anz. 1743. Jan.
mment. Soc. Petrop. T. XIV. p. 226.

Digitized by Google

die dem Eise nothwendige Volumens-Vergrößerung ei
Seit der Kenntniſs des latenten Wärmestoffs kann kein Z
darüber obwalten, daſs dieser sich von den Molecül
Wassers nicht trennt, obgleich die sensible Wärme ab
und daſs dieselben sich daher nicht zu Krystallen ver
können. Dadurch ist aber die unterdem Maximum der D
keit beginnende Ausdehnung noch nicht erklärt, und
auch keine Hypothese bekannt, die man zu diesem Zwe
gestellt habe. Die Aufgabe gewinnt dadurch an Schw
daſs die zunächstliegende Vermuthung der Entstehung
lich kleiner Krystalle, obgleich diese sich von selbst a
aller eigentlichen Stütze ermangelt; denn wenn solche K
auch von geringster Gröſse vorhanden wären, so müſs
nach höchster Wahrscheinlichkeit einen Einfluſs auf d
risirten Lichtstrahl ausüben, was aber nach von Smith
von mir selbst wiederholt angestellten Versuchen ke
statt findet.

Als beiläufige Bemerkung möge hier noch eine
tung erwähnt werden, welche Pontus zu Cahors ge
machte. Dieser lieſs Wasser unter der exantlirten
einer Luftpumpe in einer kleinen, 1 bis 2 Centim. hoh
sche gefrieren, indem er dieselbe durch umgebende,
getränkte, Baumwolle erkältete, und gewahrte dabei
Tage sichtbaren Funken, welchen Schweigger[2] für h
elektricität erklärt; inzwischen ist das Phänomen no
allseitig genug erforscht worden, um diese Hypothese als
begründet zu betrachten, da ohnehin das eigentliche
der Krystallelektricität wohl noch nicht vollkommen
worden ist.

500) Horner[3] hat in einem eigenen Abschnitte
stehung des *Grundeises* (Glace du fond; *Ground*
südlichen Schottland *Lappered-Ice*) abgehandelt, d
Recht eine anomale Eisbildung nennt. Obgleich d
der Natur der Sache nach nur an der Oberfläche ge
den Seiten und am Boden aber nur in solchen Ge

1 Ann. of Philos. New Ser. 1823. p. 240. Berzelius Jah
1825. S. 74.

2 Dessen Journal Th. VIII. S. 294.

3 S. Art. *Eis*. Bd. III. S. 127.

Digitized by Google

rme gerade von hier aus so schnell an die äufsere Um-
abtreten, dafs das bis zu 0° erkaltete und dadurch
h leichter gewordene Wasser nicht aufsteigen kann,
durch Adhäsion an den Wandungen fest gehalten und
hnelle Entziehung der Wärme in Eis verwandelt wird,
also diesemnach am Boden der Flüsse, der Seen und
es kein Eis entstehen kann, die Physiker daher die so
der Erfahrung gefolgerte Existenz des Grundeises in
stellten und die darüber vorhandenen Beobachtungen
rweitige Weise zu erklären suchten, so ist doch wohl
liche Vorhandenseyn des Grundeises aus den bereits
hten Thatsachen hinlänglich erwiesen[1] und dessen Ent-
genügend erklärt; inzwischen haben unterdefs bedeu-
lehrte dieses Problem einer weiteren Untersuchung un-
, und die Resultate ihrer Forschungen verdienen da-
nachträglich erwähnt zu werden. Dahin gehört vor-
: eine ausführliche, sowohl ältere als auch neuere
en und Hypothesen berücksichtigende Untersuchung
30[2], woraus wir einiges, noch nicht erwähntes, ent-

rderst wird das wirkliche Vorkommen des Grundeises
erwiesen angenommen, keineswegs aber die Erklärung
tstehns als genügend begründet, weswegen der Haupt-
auf gerichtet ist, die bekannten Thatsachen möglichst
; zusammenzustellen, wobei man jedoch bald erkennt,
on Horner gegebene Erklärung als der Sache ange-
scheint. Dieses geht besonders aus den Beobachtun-
r, welche Knight[3] bekannt gemacht hat. Das Flüfs-
ie in Herfordshire ist zum Behuf einiger Mühlen
e Schleuse aufgestauet und bildet hinter dieser ein
Becken. Nach einer sehr kalten Nacht sah man in
er, welches über das Wehr herabstürzt, Millionen
nder Eisnadeln, die hervorragenden Steine in dem

IAN's Abhandlung über diesen Gegenstand findet man auch
Phil. Journ. N. XXV. p. 125 und Steiner's Beobachtung
menden Ketten in Edinburgh New Phil. Journ. N. XXIX.

naire pour 1833. p. 244. Poggendorff's Ann. XXVIII. 204.
Phil. Journ. N. XXIX. p. 123.
os. Trans. T. CVI.

Digitized by Google

engen Canale des Flusses unterhalb der Schleuse war mit einer silberweifsen Kruste überzogen, die bei näherer tersuchung aus zusammengefügten, sich nach allen Rich durchkreuzenden Eisnadeln bestand und über einigen deutenden Massen anwuchs, während auf der Oberfläche an einigen ruhigen Stellen des Ufers gewöhnliches co Eis sich angesetzt hatte. Am 11ten Febr. 1816 sahen d cken- und Wegebaumeister zu Strafsburg von der Brü Kehl herab den Boden des Rheins mit Eis bedeckt, sich gegen 10 Uhr Morgens losrifs und fortschwamm; sehr locker und hatte sich nur an hervorragenden Stein bildet. Sehr ausführliche Beobachtungen über dieses Ph hat Hugi[1] mitgetheilt. Am 16ten Febr. 1827 sah er l fliefsendem Wasser eine Menge Eisstücke vom Boden aufsteigen und fortfliefsen, ganz mit dem übereinstimmen Hales hierüber in Beziehung auf die Themse berich Temperatur der Luft war — 5°,7, nahe am Wasser — der Oberfläche des Flusses 2°,1, am Brückenbogen, kein Eis bildete, 3° und am Boden, von wo das Eis 0° C. Ebenderselbe sah am 12ten Febr. 1829, als Nacht das Thermometer bis — 14° C. herabgegangen w der Flufs in seiner Mitte mit Eis ging, ohne dafs sich an den Ufern angesetzt hatte. Aus diesem bildeten sich mehrere Eisinseln, deren am folgenden Tage 23 en eine von 100 Fufs Durchmesser, alle aus einer 2,5 bis dicken compacten Eisdecke bestehend, die auf einer w den in Gestalt eines umgekehrten Kegels aufsteigenden und schwammigen Eismasse festsafsen. Zur Zeit der B tung war die Temperatur der Luft 28 Fufs über — 11°,2, 4 Fufs über derselben — 9°,4; in 2 Zoll T Wassers 0°, in 5,5 Fufs Tiefe 1°, 6 Zoll vom Bod und am Boden selbst 2°,4 C.; jedoch wurden diese M an einer Stelle gemacht, wo sich kein Grundeis gebild Nach den Angaben, welche Fargeau der Pariser Ak mittheilte, sah er am 25sten Jan. 1829 bei — 13°,71 C temperatur die Steine im Rheine bei Kehl an einer St eine starke Strömung vorbeiging, mit schwammigem Ei legt, weit gröfsere Massen desselben aber zeigten sich

1 Bibl. univers. 1829. Juillet. T. XLI. p. 201.

hervorragenden Holzstücken; das Wasser hatte an der
e und am Boden 0° Wärme, auch sah Fargeau un-
Augen solche Stücke emporkommen und als Treibeis
; desgleichen sagte ihm der Besitzer eines Hammer-
den Vogesen, dafs er das Bette seines Baches alle
Steinen und sonstigen Hervorragungen befreien lasse,
ntstehen des Grundeises zu verhüten. Duhamel liefs
r 1830 das Eis der Seine zwei bis drei Fufs vom
hbrechen, und fand am Boden eine 4 Centim. dicke
, die Temperatur des Wassers war aber überall

t ohne Interesse ist der Ueberblick der verschiedenen
, die man über dieses Phänomen aufgestellt hat. Nach
sglauben der Fischer, sagt Arago, wird das Grund-
die erkältende Eigenschaft des Mondes gebildet und
Sonnenstrahlen emporgezogen. Nach einer andern
soll Wärme durch heftige Bewegung entstehn, und
lüsse an der Oberfläche am stärksten strömen, so mufs
bst die Wärme am gröfsten seyn, am Boden aber am
, wodurch das Eis entsteht und durch die sich ent-
Luft emporgetrieben wird. Dafs man nach Nollet
enz des Grundeises ganz in Abrede stellte und die
n aus Eisschollen, durch kleine Flüsse zugeführt oder
Ufern bei ungleichem Wasserstande gebildet, zu er-
chte, ist bekannt, aber ebenso gewifs auch, dafs diese
g auf die späteren genauen Beobachtungen nicht pafst.
c. Keever meint, die Steine und sonstigen Hervor-
in den Flüssen hätten ein stärkeres Strahlungsvermö-
würden dadurch kälter, so läfst sich dieser Hypothese
ndern Argumenten namentlich entgegenstellen, dafs
Grundeis auch im ruhigen Wasser entstehn müfste,
ein Beispiel vorhanden ist. Die Erklärung, welche
giebt, ist folgende. Das Wasser wird an der Ober-
kältet und kann im Zustande der Ruhe am Boden nicht
, weil es bei 0° specifisch leichter ist, als bei 4° C.,
n das wärmere herabsinkt; bei bewegtem aber, wenn
seine ganze Masse bis 0° erkaltet ist, werden sich

---

bservations sur les écrits modernes. T. XXXI. vom Jahr

Digitized by Google

nach dem Verhalten beim Krystallisiren überhaupt an den vorragungen die ersten Eisnadeln ansetzen. Hierzu kom die stärkere Bewegung an der Oberfläche die ersten ent nen Krystalle wieder zerreifst, die sich aber in den n wenn auch nur verhältnifsmäfsig minder bewegten S über dem Boden zu Massen anhäufen. Inzwischen hält diese Erklärung nicht für genügend, weil noch nich macht worden ist, ob das Grundeis sich blofs dann bilde die Wärme der ganzen Wassermasse auf 0° C. herabgeg und man noch nicht weifs, welche Rolle die von Kreger nommenen kleinen, auf der Oberfläche schwimmenden stalle bei diesem Processe spielen. Dazu kommt noch würdige Beobachtung von Hugi. Dieser liefs an wo das Grundeis entstand, Krüge, mit heifsem und Wasser gefüllt, in die Tiefe hinab und fand beim E die ersten mit einer zolldicken Eiskruste umgeben, frei; auch gaben heifse und kalte Kugeln, in Zeuge und herabgelassen, dieselben Resultate. Diese Versu durchaus wiederholt werden, um die hierbei eigentli kenden Bedingungen genau kennen zu lernen[1].

501) Die hier aufgestellten Ansichten theilt nicht ganz. Er bezieht sich auf eine früher von getheilte Nachricht über ein Phänomen, welches allen Einwohnern von Perth bekannt sey, indem dem plötzlich eintretenden Froste, ehe sich das Ei Ufern aus über den Flufs ausbreitet, eine Menge ckeren Eises an Felsen und hervorragenden Gegen Boden gebildet werden und schnell zu einer sol wachsen, dafs der Strom sie losreifst und mit sich gen Arago's Hypothese wendet er ein, dafs hierna Kälte Grundeis entstehn müfste, sobald das Wass derliche Temperatur erreicht habe, was jedoch de sey, wie sich namentlich bei der strengen Kälte von 1813 auf 14 gezeigt habe, als der Tay dicke

1 Man könnte diese Erscheinung auf das §. 805 u. Verhalten der Wärme zurückführen, allein vor jeder E sen zuvor die Thatsachen selbst und die dabei statt fin gungen genau constatirt seyn.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXIII. p. 167.

len Ufern gehabt habe, ohne irgend eine Spur von am Boden. Dagegen beruft er sich auf die Erfah- Besitzer von Wasserwerken, die sich hierfür vor- interessiren, und nach deren Behauptung Grundeis entsteht, wenn ein sogenannter Rauchfrost oder Eis- angegangen ist. Hierbei fallen die feinen Eisnadeln asser, werden in Folge der Bewegung desselben nicht sondern theilen sich der gesammten Masse mit, küh- bis zum Gefrierpuncte ab und setzen sich dann zu- e hervorragenden Steine an. Zur Unterstützung die- ht führt er eine Aeufserung von Demarest an, wo- Grundeis am leichtesten bei trübem Himmel entstehn bei er die Trübheit als ein Zeichen vorhandenen Eis- trachtet. Ebenso leitet er die durch Knight beobach- nen Eispartikeln, welche auf dem Wasser schwam- rin sich unterhalb des Wehrs Grundeis bildete, von der Nacht statt gefundenen Eisnebel ab. Inzwischen hierüber weiter nichts sagen, als dafs allerdings die iebel ins Wasser fallenden kleinen Eisnadeln, wenn ersten derselben geschmolzen werden, dennoch eben das Wasser bis auf den Nullpunct abkühlen und zur Bildung des Grundeises erforderliche Bedingung , ebenso wenig aber läfst sich in Abrede stellen, dafs Wirkung einer intensiven Kälte auf die Oberfläche ers solche feine Eisnadeln gleichfalls gebildet werden nd der Erfahrung nach auch wirklich entstehn, wo- nn die erforderliche Bedingung gleichfalls gegeben

Dieser Einwurf findet die vollste Bestätigung durch die teressanten Versuche, welche Strehlke an einem Spree anstellte. Als nach milder Witterung im Fe- 32 vom 12ten an die Temperatur bei Ostwind und iterem Himmel unter den Gefrierpunct herabging und 1 Abends — 8°,75 C. erreichte, liefs derselbe einen en beschwerten Korb, worin sich aufserdem Metall- nd auch eine durch Holzstäbe festgeklemmte Bürste um 10 Uhr Abends in das Wasser des Canals von ei- sse aus bis zu etwa 3 Fufs Tiefe und 7 bis 8 Fufs ng vom Ufer auf den Boden hinab, und obgleich der in der ganzen Nacht heiter, auch die Oberfläche des

Digitized by Google

Wassers nirgend gefroren war, so war doch um 7 Uhr gens der Korb selbst, nebst allen darin liegenden Geg den, vorzugsweise aber die Bürste, überall mit Eisnadel deckt. Auf den Zinkplatten mit rauherer Oberfläche, in hältnifs zum Kupfer, zeigten sie sich zahlreicher, wur nig durchsichtig und liefsen sich leicht trennen; auch diesen ganz gleiche Blättchen an Eisnadeln, die sich an gen bildeten, und eine Menge derselben schwamm auf Wasser. Strehlke setzte die Versuche vom 15ten bis in jeder Nacht fort, der Himmel war jederzeit hell, die peratur der Luft war am 15ten — 8°,5 C. und stieg 20sten Morgens 6 Uhr, auf welche Zeit sich alle Angab ziehn, bis — 5° C., wobei ausdrücklich bemerkt wird nach den psychrometrischen Messungen des Directors der Feuchtigkeitszustand der Luft vom 15ten an Hierdurch ist wohl genügend erwiesen, dafs in der L bildete Eisnadeln ebenso wenig als trüber Himmel zu des Grundeises erforderlich sind, obgleich von der beide Ursachen dieselbe der Erfahrung nach nicht hinde aber die Erzeugung ähnlicher Blättchen, als woraus das eis besteht, bewirken können, hauptsächlich wenn anfängliche schwammige, lockere und wenig durchsich womit die Flüsse vor dem Zufrieren in enormer Quan deckt zu seyn pflegen, der herrschenden Ansicht nach lich am Boden gebildetes und statisch aufgestiegenes G hält, welches sich dann von den vereinten Flocken des Wasser gefallenen Schnees oder Eisnebels nicht unter liefse. Dem Grundeise vollkommen gleichende Eisb sieht man stets in den Eislöchern, die in das Eis der gehauen sind und nicht selten in bedeutender Menge zum schein kommen, und falls diese gleichfalls am Boden und aufsteigen, wie Strehlke annimmt, so veranlafst die interessante Frage, ob Grundeis in den Flüssen auch gebildet wird, wenn sie schon mit einer Eisdecke bele oder ob es sich blofs unter den Eislöchern erzeugt. Ei dauernde, der anfänglichen hinsichtlich der Quantität kommende Bildung des Grundeises am Boden der Flü deswegen nicht wahrscheinlich, weil sonst die Eisdecke das stete Aufsteigen desselben eine weit gröfsere Dicke müfste, als die Erfahrung ergiebt. In Beziehung auf die

ie Frage macht Ayrr[1] die Bemerkung, dafs auf der l und Radaune in der Regel offene Stellen (sogenannte bleiben oder von den Schiffern quer durch das Eis nes, auch als runde Löcher von den Fischern ge- erden; einige liefs er selbst zum Zwecke der Beob- herrichten. Die Schiffer behaupten dann, dafs sich ahrstrafsen Grundeis als zersplitterte Massen zeige, die ir Bruchstücke des zerschlagenen und unter die feste schobenen, vom bewegten Wasser fortgetriebenen Ei- lten geneigt ist, in den Löchern aber bildet sich nach ährung zwar oft Eis, aber allezeit aus den gewöhn- nadeln, die von den Rändern ausgehn und allmälig ng mit festem durchsichtigem Eise überziehn. Dafs Grundeis emporkomme, wie von Einigen behauptet lt er in Abrede und glaubt daher, dafs kein Grund- gebildet werde, nachdem bereits eine feste Eisdecke ist, was man mindestens für das Wahrscheinlichste s. Ob das auf der Weichsel und Radaune in grofser t in einer Nacht gebildete, zuweilen in mächtigen, n Grund hinabreichenden Massen aufgehäufte, zu ei- Decke gefrierende, durch offene oder mit festem kte grofse Strecken unterbrochene sogenannte Grundeis f dem Boden erzeugt sey, bleibt wohl problematisch, nie solches von dem schlammigen Grunde beider ch Stangen losmachen konnte, was hätte geschehn enn es dort vorhanden gewesen wäre.

Gay-Lussac[2] ist nicht ganz einverstanden mit der go gegebenen Erklärung, welche nach seiner Ansicht ht, dafs die Erhabenheiten und Hervorragungen den ionsprocefs von Salzsolutionen einleiten und beför- . Allein dieses findet nur dann statt, wenn diese übersättigt sind, und selbst unter dieser Bedingung zliches Hinzukommen solcher heterogener Körper in Flüssigkeit erforderlich, denn wenn sie vorher vor- l, kann die Uebersättigung eintreten, ohne dafs sie lbildung bewirken. Ein solcher Zustand der Ueber- ürde aber beim Wasser einer Erkältung unter den

---

[1] endorff's Ann. XXXIX. 122.
[2] les de Chim. et Phys. T. LXIII. p. 359.

Digitized by Google

Gefrierpunct analog seyn, und letztere kann nicht eintre
lange das Wasser in steter Bewegung ist, wie denn a
Messungen eine Temperatur desselben von 0° C. geben,
die Bildung des Grundeises statt findet. Aus diesen
denkt sich Gay-Lussac die Entstehung des Grundeis
sen Daseyn als unzweifelhaft erscheinen mufs, auf
Weise. Wenn namentlich bei plötzlich eintretender K
heiterer, trockner Luft das Wasser überhaupt, insbes
dessen Oberfläche, stark erkaltet, so bilden sich a
unter Mitwirkung erhöhter Verdunstung kleine Eisk
grofser Menge, deren Temperatur merklich unter 0° C.
geht. In Folge der steten Bewegung werden diese
gesammte Wassermasse verbreitet, lösen sich auf und
dadurch die Temperatur derselben auf den Gefrierpu
Nachdem dieses erfolgt ist, werden die fortdauernd
und unter 0° C. erkalteten Eistheilchen durch die
Gewalt des Wassers in die Tiefe hinabgedrückt u
durch den Ueberschufs ihrer Kälte lose an den
Gegenständen, andere hinzukommende setzen sich
Gründen an diese ersteren fest, und so entsteht bald
Masse des Grundeises am Boden des sehr bewegten
statt dafs sich auf der Oberfläche des minder bewegt
die Eisnadeln vereinigen und hier das schwammige
welches mit gleichem Namen belegt wird[1]. Sind
deln sehr erkaltet, haben sie eine grofse Feinheit
sie sich eng zusammen, so dafs das zwischen ihnen
Wasser gleichfalls gefriert, so entsteht hierdurch die

---

1 Wenn dieses lockere Eis der ruhiger fliefsenden
Stellen gelangt, wo die Bewegung stärker ist, insbesondere
handene Strudel, so kann es in die Tiefe gezogen werden,
an Hervorragungen festsitzen und zu den grofsen, später
werdenden Anhäufungen dienen, welche Ayrr erwähnt.
rig zu erklären ist dann ferner, dafs zwischen den mit
Grundeis bedeckten Flächen der Ströme sich bleibend
Strecken befinden, denn die Bewegung, namentlich der
Wassers, wird durch die überdeckende Lage Grundeis
schen zwei solchen Lagen ist sie daher schneller, und
den die gebildeten Eisnadeln der vorderen Lage zugeführ
gröfstentheils unter diese und vermehren deren Dicke,
aber bleiben offen oder werden durch eine von beiden
hende, allmälig gebildete Decke festen Eises überzogen.

Digitized by Google

elche nicht selten die Steine am Boden der Flüsse um-
ur Unterstützung seiner Hypothese giebt Gay-Lussac
Versuch an. Wenn man Erbsen bis einige Grade
Gefrierpunct erkältet und sie dann in Wasser von
mperatur wirft, so frieren sie am Boden fest, so dafs
Gefäfs umkehren und das Wasser ausgiefsen kann,
herausfallen zu machen.

gewifs minder befriedigende Erklärung dieses vielbe-
i Phänomens giebt Lazarowicz[1]. Hiernach kann,
nt, in dem bewegten Wasser das etwas wärmere und
pecifisch schwerere nicht herabsinken und die ge-
asse wird daher bis 0° abgekühlt. Die Spitzen rau-
r erkalten dann etwas tiefer, weil sie ihre Wärme
Wasser abgeben (?), es setzt sich Eis an ihnen an,
ch zuerst an den Ufern bildet, dann stets tiefer her-
n rauheren Stellen und so fort bis zum Boden der
ib. Man ersieht aber bald, dafs diese Hypothese
ausgemachten Thatsachen genügt[2].

---

fs. Provincialblätter 1836. Juli.

r die Eisbildung der Natur im Grofsen, das *Meereis* und
', hat Horner ausführlich gehandelt; er kannte beide aus
chauung. Ueber die letzteren erwähne ich daher nur eine
von Agassiz in Edinb. New Phil. Journ. N. XLVIII. p.
e andere ebend. N. LIV. p. 383. Noch erwähne ich eine
e und leicht zu erklärende Erscheinung. Beim Wechsel
ters mit dem Gefrieren oder nach dem anfänglichen Ge-
t man an nassen, schmuzigen Stellen häufig die Fufs-
sonstigen Vertiefungen mit einer dünnen Eisdecke über-
r welcher das Wasser fehlt. Zerstöfst man diese, so
uft mit einigem Geräusche, selbst mit einem Knalle ein,
zuweilen so stark auf die Eisfläche, dafs diese mit einem
ringt; durch eintretendes Thauwetter füllen sich die Höh-
r mit Wasser. Godard in Lichtenberg's Magaz. Th. I.
leitet dieses von der Verdünnung der Luft in den Räu-
nigen Bodens ab, in die sich das Wasser hierdurch zu-
schdem sich eine Eisdecke über demselben gebildet hat
gebende nasse Boden durch Gefrieren erhärtet ist; bei
Wärme mufs dann das Wasser zurückkehren. Auch das
iniger Brunnen in kalten Nächten soll aus dieser Ursache
n.

getheilten Hypothesen über die Entstehung des Grundeises
eue hinzuzufügen oder überhaupt über eine unter ihnen

504) Das *Quecksilber* galt wegen seines tiefliegende frierpunctes stets für ein überall nicht gestehendes Metall erst gegen die Mitte des letzten Jahrhunderts das Ge desselben bekannt wurde. Eine ausführliche Geschich ersten Versuche und Erfahrungen hierüber hat Brisson sammengestellt, woraus hier das Wesentlichste mit We der ausführlichen Erzählung von Nebenumständen ang werden möge. Zuerst sah Gmelin im Jahre 1734 zu das Quecksilber seines Thermometers bis — 120° F. ken, was offenbar ein Beweis des Gestehns war, allei der Gewalt des bei ihm herrschenden Vorurtheils, da Metall nie in den Zustand der Festigkeit übergehe, gl es sey hierdurch eine so enorme Kälte gemessen worden auch nachher wiederholt das Nämliche erfolgte, das Quecks wirklich gestanden zu seyn schien, leitete er dieses Essig her, womit das Quecksilber gereinigt worden bedeutenden Schritt weiter kam Braun [2] und cons

---

bestimmt zu entscheiden wage ich in der That nicht; sämmtlich Manches für sich und stützen sich alle auf Be Der Versuch mit Erbsen, welchen Gay-Lussac zur Erklär würde alle Schwierigkeiten heben, seine Anwendung auf d setzt indefs voraus, dafs die Steine und sonstigen Körper der Flüsse unter den Gefrierpunct des Wassers erkaltet sey was aber nicht erwiesen und nach den allgemein herrsch sichten über das Verhalten der Wärme nicht einmal zulässig die Steine und hervorragenden Körper erhalten ihre Wärme ser und geben sie wieder an dieses ab, welches Letztere nur schehn kann, wenn sie selbst wärmer sind, mithin müfste d früher als sie unter den Gefrierpunct hinabgehn. Dennoch geneigt, den hervorragenden Steinen und sonstigen Körpern den der Flüsse eine Mitwirkung bei der Bildung des Grundeis schreiben. Das Grundeis wird in der Regel während der Nac bildet, und so gut als der Erdboden nach dem Schwinden d genden Lichtes, namentlich der Sonnenstrahlen, schneller erkal aus der Strahlung folgen kann, wie hoch man deren Wirk steigern mag, können sich auch die genannten Hervorra kühlen, nachdem sie ihre erregte Wärme anhaltend an d abgegeben haben. Die Bildung des Grundeises wäre d Entstehung des Thaues und des Reifes analoger Proceſs.

1 Philos. Trans. T. LXXIII. P. II. p. 329. Leipz. Mag. f. Physik u. Naturg. Th. III. St. 3 u. 5. S. 347 u. 515.

2 De admirando frigore artificiali cet. Petrop. 1761. Comm. Petrop. T. XI. p. 268. Addit. et Supplem. ib. p. 32

eren dieses Metalls, indem er am 14. Dec. 1759 ein
eter in eine Mischung von Schnee und rauchender
ure senkte, dasselbe bis — 352° F. herabsinken sah
Zustand der Erstarrung deutlich erkannte; am 25sten
te er den Versuch, erhielt ein ähnliches Resultat, zer-
in aber die Kugel und sah das Quecksilber als wei-
ll, hämmerbar, unelastisch und von dumpfem Klange.
Bekanntwerdung dieser Thatsachen wurde die Auf-
eit der Physiker auf diesen Gegenstand gerichtet, denn
chte nun um so mehr den Grad der Kälte zu wis-
ei das Gestehn erfolgte. Dieser Bestimmung sich nä-
bachtete Blumenbach[1] am 11ten Jan. 1774 das Ge-
Quecksilbers in einer Mischung von Schnee und Sal-
in ein Weingeistthermometer — 10° F. (— 23°,33 C.)
lche Messung jedoch nach neueren Untersuchungen
ig seyn kann. Unterdefs hatte die Societät zu Lon-
Gouverneur Hutchins zu Albany-Fort an der Hud-
n Auftrag gegeben, in der dortigen strengen Kälte
nzustellen, und dieser sah im Januar und Februar
mal das Quecksilber wirklich gefrieren[2]. Bicker zu
brachte im Jan. 1776 die Kugel des Thermometers
C. äufserer Temperatur in eine kaltmachende Mischung
as Quecksilber bis — 70° herabsinken, wobei es ohne
efroren war, doch glaubte er nur die Oberfläche
ig erstarrt gesehn zu haben, statt dafs Fothergill
e Zeit bei — 13° C. Lufttemperatur den Versuch
e und sich vom wirklichen Gefrieren des Quecksil-
eugte.

diese Versuche wurden mit Quecksilberthermometern
womit man zugleich den Gefrierpunct des Metalls
wollte, ohne zu berücksichtigen, dafs dieses wegen
Zusammenziehung unmöglich sey, und daher kam
nan nach Braun's Versuchen den Gefrierpunct auf
'. setzte. Es war daher ein sehr vernünftiger Rath,
idish und Black ertheilten, in das zum Gefrieren
freie Quecksilber ein Weingeistthermometer zu sen-
urch dieses den Gefrierpunct zu bestimmen. Dieses

. gel. Anzeigen 1774. St. 13.
os. Trans. T. LXVI. p. 174

geschah in wiederholten Versuchen durch Hutchins[1] z
bany-Fort im Jahre 1781, woraus sich ergab, dafs de
frierpunct nicht unter — 39°,5 C. liegen könne und die
achteten tieferen Grade als Folge der Zusammenziehung
trachten seyen. Eigentlich konnte man dieses schon
wissen, denn Pallas sah am 6. Dec. 1772 zu Krasno
Sibirien das Quecksilber durch natürliche Kälte nicht b
Thermometer, sondern auch in einem offenen Gefäfse z
sten Metalle erstarren, und als durch einen Nordweste
Aufthauen erfolgte, zeigte das Thermometer — 43°,33 C.
so sah auch Laxmann[2] in Sibirien das Quecksilber i
licher Kälte gefrieren, worauf Euler und Krafft i
burg Versuche anstellten und hieraus folgerten, dafs da
silber gefriere, wenn die Temperatur unter — 37°
sinke. Wenn es sich aber um eine genaue Bestim
Gefrierpunctes des Quecksilbers handelt, welcher dann
der Schmelzpunct desselben seyn müfste, so darf
nicht wundern, dafs dieser so verschieden angege
denn es findet hierbei ohne Zweifel dasjenige statt,
(§. 495) bereits erörtert worden ist, sofern dieser Punct
des Freiwerdens der latenten Wärme schwankt und
her zu liegen scheint, wenn dem Quecksilber durch
Kälte diese Wärme allmälig entzogen wird, tiefer ab
man dasselbe durch künstliche Mittel schneller zum
bringt. So zeigte Guthrie[3], dafs es keineswegs so
sey, bei starker äufserer Kälte das Quecksilber zum
zu bringen, und dafs dieses Metall dabei ganz rein s
was man bis dahin bezweifelt hatte. Als die (ob
erwähnten Versuche, hauptsächlich von Walker, üb
zeugung starker Kälte durch Mischungen von Schn
zen und Säuren bekannt und vielfach wiederholt w
hörte das Gefrieren des Quecksilbers zu den gewö
zielten Resultaten, woran man die Kraft der angew
schungen zu messen suchte, und bei den besseren
ser Versuch in der Regel ohne grofse Schwierigkeit

1 Philos. Trans. T. LXXIII. p. 303.

2 Nov. Acta Petrop. T. III. p. 60.

3 Nouvelles expériences pour servir à déterminer le
de congélation du mercure. Petersb. 1785. 4.

ıgebung von mittlerer Temperatur, ohne jedoch eine Bestimmung des eigentlichen Gefrierpunctes zu geben. ı hierdurch erhaltenen Erfahrungen setzt man den Ge- : des Quecksilbers auf — 39° C., und wenn Pouil- vermittelst seines thermomagnetischen Apparates bei fand, so weicht dieses hiervon nicht bedeutend ab, er wohl gar die richtigere Bestimmung seyn, da der t sich mit der abnehmenden Temperatur vermindert , mithin die tieferen Grade des Weingeistthermometers ächtlich zu hoch sind. Vergleichen wir hiermit die ähnte höchste Angabe von L. Euler und Kraft, ıindestens — 37°,5 Kälte zum Gefrieren des Quecksil- dert werden, so wäre hiernach der Gefrierpunct des ers zwischen — 37°,5 und — 39° C. des uncorri- eingeiststhermometers bestimmt. Der geringe Unter- ın 1°,5 C. könnte leicht als eine Folge der gröfseren ıgeren Reinheit des Weingeistes in den gebrauchten etern erscheinen, allein es ist aufserdem eine in die- ıung höchst merkwürdige Erfahrung vorhanden. Ross[2], seinem Winteraufenthalte im nordamericanischen Po- die tiefsten Grade der natürlichen Kälte zu Gebote liefs zur Vermeidung jeder Verunreinigung das Queck- hölzernen Gefäfsen gefrieren und fand dabei, dafs hn des Quecksilbers früher erfolgte, wenn die nämli- : wiederholt zum Gefrieren gebracht wurde; das fri- lich gestand bei — 39° C., das öfter gefrorene bei . des Weingeistthermometers.

Mit weit geringerer Schärfe lassen sich die Gefrier- r übrigen Flüssigkeiten angeben, denn da sie, aufser *m*, alle zusammengesetzt sind und man sie daher s von gleicher Reinheit anwendet, so bleibt bei ihnen ümmung leicht unsicher. Vorzugsweise galt der reine stets als eine jeder künstlichen Kälte widerstehende t, und es mufste daher auffallen, als Charles Hut- hauptete und in einer öffentlichen Vorlesung in der

---

npt. rend. 1837. T. I. p. 513. Poggendorff's Ann. XLI. 151.
rrative of a second Voyage in search of the North-West t. Lond. 1835. 4. App. p. CIX.
XLVI. 119. Annals of Philos. T. I. p. 221.

Digitized by Google

Versammlung des Edinburger Institutes wiederholte, da
ihm gelungen sey, nach Richter's Methode bereiteten
luten Alkohol von 0,798 spec. Gewicht bei 16°,67 C.,
gar von 0,784 specifischen Gewicht bei 19° C. äufserer
peratur zum Gefrieren zu bringen. Das Verfahren, wo
ihm dieses gelang und mittelst dessen er sogar alle Ga
frieren zu machen hoffte, ist nicht angegeben, es läfs
aber nicht leugnen, dafs Einiges von seiner Erzählung wa
abenteuerlich klingt, z. B. dafs er einzelne Stücke des ge
nen Alkohols zusammengelöthet habe, wozu er sich eine
gefrorenen Quecksilbers oder eines sehr erkalteten Stroh
bediente, zweier in Beziehung auf diesen Zweck so he
ner Körper, dafs man sich eines Lächelns über ihre
menstellung nicht enthalten kann. Es gehörte aber ei
begreiflicher Grad von Dreistigkeit auf seiner Seite u
unbedingtem Vertrauen auf der Seite seiner Zuhörer da
Letztere sich alle die wunderbaren Resultate vortragen
die Ersterer erhalten zu haben behauptete, ohne die B
standtheile, aus denen der absolute Alkohol bestehn sol
die er sich zu den weiteren Versuchen in gröfseren Q
ten verschafft zu haben versicherte, auch nur einmal sic
zeigen zu lassen. Gegenwärtig, nachdem durch die fes
lensäure weit tiefere Kältegrade erzeugt werden, als
Hutton mit den ihm zu Gebote stehenden Mitteln e
konnte, ist genugsam erwiesen worden, dafs absoluter
sich zwar verdickt und also ohne Zweifel auch gefriert,
in der bis jetzt erreichten Kälte nicht vollständig, und
den Fall findet die behauptete Scheidung in drei ver
Flüssigkeiten nicht statt. Dagegen ergiebt sich aus
sammenstellung verschiedener Erfahrungen, dafs der
durch die Einwirkung der Kälte dickflüssiger, gleichze
tig wird, und zwar um so leichter, je gröfser der in
haltene Antheil Wasser ist. Hierbei müssen wir an
dafs entweder die Kälte einen Theil des Alkohols a
und dieser die feinen Eistheilchen des Wassers in sich
nisch verbreitet enthält, oder dafs eine solche Trennu
statt findet, vielmehr die unveränderte homogene M
verdichtet und zuletzt völlig gesteht. Die erstere Be
ist die bei weitem wahrscheinlichere, denn es ist eine be
Sache, dafs durch das Gefrieren des Weines die mehr g

von dem in Eis verwandelten Wasser getrennt werden
. Aus leicht begreiflichen Gründen findet diese eigent-
rennung des Wassers als Eis von den geistigeren Thei-
geistigern Mischungen nicht statt, wohl aber eine Ver-
ng der Fluidität und ein höherer Grad von Dickflüs-
Gewöhnlichen käuflichen Spiritus, dessen man sich
rbrennen bedient, sah ich selbst[1] bei — 28° C. sich
erdicken, und PARRY beobachtete bei seinem Winterauf-
auf der Insel Melville, dafs stärkster Cognac in einer
n — 45° C., die auf kurze Zeit bis — 48°,5 herab-
af dem Verdecke des Schiffes in offenen Gefäfsen Sy-
e annahm. Diese Verdickung folgt schon aus der
Zusammenziehung des absoluten Alkohols durch die
ng intensiver Kälte, denn nach PARRY's[2] Messungen
geln an Thermometerröhren zieht sich Alkohol von
pec. Gewicht bei 16°,44 C. zwischen 9°,78 und
um 0,000894 seines Volumens für 1° C. zusammen,
ische Wägungen dagegen gaben diese Zusammenziehung
zwischen 16°,44 und — 13°,5 beträchtlich gröfser,
= 0,001022, was mit den oben (§. 488) gegebenen
ngen so nahe übereinstimmt, als von unter ganz ver-
n Bedingungen angestellten Versuchen zu erwarten
noch obendrein die der englischen Physiker nicht
chnung corrigirt sind[3]. MITCHEL[4] erzeugte mittelst
hlensäure die tiefsten Kältegrade und fand, dafs Al-
0,798 spec. Gewichte bei — 90° C. dem Oele, bei
n geschmolzenen Wachse glich.

Die Gefrierpuncte oder Schmelzpuncte der übrigen,
r minder leicht gestehenden Flüssigkeiten sind in der
tgetheilten Tabelle, so weit sie bis jetzt bekannt wur-
genommen, über einige derselben ist aber noch Fol-
bemerken. Die verschiedenen *Oele* gestehen bei sehr

---

la dilatation de l'alcool absolu cet. in Mém. de l'Acad. de
34. p. 16.

pendix to Capt. PARRY's second Voyage cet. Lond. 1825. 4.

Tabelle §. 488 giebt für 9° C. eine Zusammenziehung von
id für — 38° dieselbe = 0,000686, also im Mittel = 0,000878.
iman Amer. Journ. of Sc. and Arts T. XXXV. p. 353.

Digitized by Google

ungleichen Temperaturen, gemeines Rübsamenöl schon Grade über dem Gefrierpuncte des Wassers, und die Oele theilen die Eigenschaft der thierischen Fette, dieses und ähnlicher Körper, dafs sie sich fortdauernd unter dem Puncte ihres allmäligen und stets zunehmenstehns zusammenziehn. Feines *Mandelöl* gefror nach bei — 9°,45 C., und erhärtete durch gesteigerte Kälte dafs eine bei — 34°,45 daraus geformte Kugel durch geschossen wurde. Nach den Versuchen über die verschiedener Flüssigkeiten in tiefer, theils natürlicher künstlicher Kälte, welche PARRY[2] auf der Melville-Insel stellte, gefriert *Sassafrasöl* in offenen Gefäfsen bei — gänzlich, in eine Thermometerkugel eingeschlossen aber bei — 40° C. noch nicht fest. Bringt man das Oel in eine Temperatur von — 23°,33, so wird von glänzend gelber Farbe flüssig, und wenn man gieſst, so besteht der Rest aus langen weifsen Kry der Form rechtwinkliger Parallelogramme, die auch Temperatur aufbewahrt nicht zerflieſsen; der abgegossene Theil gefriert durch die angegebene Kälte in kleine Nadeln. Dabei bemerkte PARRY noch eine merkwürdigenthümlichkeit. Dem Lichte ausgesetzt gefror der Antheil in einer flachen Schale schon bei — 26°,7, aber noch nicht bei — 42°,8. Oft blieb derselbe bei Temperatur mehrere Tage flüssig, gefror aber sogleich beim Zutritt des Lichtes. Zur Nachtzeit bei einem Nordlichte wurde diese Substanz dickflüssig, wie bei Krystallisation, aber diese erfolgte sogleich beim Zwielichtes. Bei *Schwefeläther* will PARRY bemerkt dafs schon bei — 24°,5 ein Theil gefroren sey, der das Ganze noch nicht bei — 42°,8 zum Gefrieren Man wird hiernach veranlafst zu vermuthen, dafs der gebrauchte Schwefeläther verunreinigt seyn mochte, CHELL[3] versichert, dafs der von ihm angewandte liche Kälte mittelst fester Kohlensäure in — 98°,9

1 Narrative of a second Voyage. App. p. CIX.

2 Appendix to Capt. PARRY's second Voyage etc. p. 260.

3 A. o. a. O.

Digitized by Google

verändert geblieben sey. *Schwefelkohlenstoff* veränderte
h Parry nicht in natürlicher Kälte von — 42°,8 und
ch künstliche Kälte konnte er keine Veränderung des-
ervorbringen. Ebendieses war der Fall bei *Chlorzinn;*
sphor dagegen wurde bei —40° dickflüssig, wie Oel,
or bei — 43°,9. Die *schweflige Säure* gefror nach
L bei — 78°,9 und der gefrorne Antheil fiel in dem
nieder. Im *Salpeteräther* zeigten sich nach Parry
icher Kälte von — 43°,33 sehr feine Flocken, wie
dann nahm er aber in einer durch Alkohol und Schnee
künstlichen Kälte die Consistenz des Oeles an und
nzlich bei ungefähr — 51° bis — 53° C. Concentrirte
ure gefror durch künstliche Kältemischung bei un-
45°,5, verdünnte von 1,26 spec. Gewicht bei — 28°,9.
te Schwefelsäure gefror erst bei — 40°, in zuneh-
Wärme zerfloss sie aber erst wieder bei — 37°,2; mit
Wasser verdünnt gestand sie zum Theil bei — 32°,2,
aber bei — 34°,5.

Es läfst sich hier noch eine in naher Verbindung
Reihe von Versuchen anknüpfen, welche Parry zu-
den erwähnten Kälteversuchen anstellte, da ihm die
le herrschende ausnehmend tiefe Temperatur so vor-
Hülfsmittel hierzu darbot. Diese bezogen sich auf die
i welchen Kältegraden die beim Gefrierpuncte des
noch expansiblen Gase zur tropfbaren Flüssigkeit über-
hwefligsaures Gas verdichtete sich bei — 32°,2 zu
sen Flüssigkeit, die Verdichtung nahm zu, als die
bis — 40° herabkam, und die entstandene Flüssigkeit
nweise an den Wandungen des Gefäfses herab, auch
nige Tropfen einer glänzenden orangefarbenen Flüs-
eugt. Diese Resultate sind auffallend, denn da der
dieser Säure bei — 10° C. liegt, so mufs sie auch
er Temperatur tropfbar-flüssig werden, ohne der so
Kälte von — 32°2 zu bedürfen, es sey denn dafs sie
wöhnlichen Bereitung einem stärkeren Drucke ausgesetzt
äre, welcher ihren Uebergang zum tropfbar-flüssi-
nde beschleunigen könnte. Da nicht angegeben ist,
e Weise die von Parry angewandte Säure bereitet
o bleibt ungewifs, ob dieselbe allezeit von gleicher
heit ist, jenachdem man verschiedene Methoden der

Digitized by Google

es verschiedene Salze, namentlich weinsteinsaure Kal
welche im Wasser gelöst in höheren Temperaturen wiede
werden und niederfallen, obgleich sie sich in niederen al
lig klare Lösungen zeigten. Diese alle oder auch nu
grofse Zahl derselben hier namhaft zu machen würde
angemessen seyn, vielmehr genügt es, nur im Allgemei
bemerken, dafs hierbei nicht die Einwirkung der rep
Wärme auf die der Anziehung folgenden Molecüle der
unmittelbar in Betrachtung kommt, sondern unter vielfa
dificirten Bedingungen. Der organischen, vielfach zus
gesetzten Salze nicht zu gedenken bestehn alle unorg
mindestens auf doppelt binären Verbindungen, und die
kann daher die vier vereinten einfachen Körper auf ein
verbinden, dafs in den neuen Verbindungen die Attrac
Uebergewicht über die Repulsivkraft selbst der vermehrt
me erhält; kommt obendrein noch Wasser oder ein a
Lösungsmittel hinzu, so ist leicht vorstellbar, dafs e
durch den Einfluſs erhöhter Wärme erzeugten neuen
dungen minder löslich sind, als die früher bestanden
durch verminderte Temperatur wieder hervortreten. Z
läuterung der Sache kann eine bekannte Erfahrung
Wenn man salzsauren Kalk und verdünnte Schwefelsä
im Zustande vollständiger Liquidität, zusammengiefst,
Wärme ausgeschieden, und dennoch entsteht eine feste
weil die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Kalke
viel weniger lösbares Salz (Gyps) bildet, dafs die flüssig
verdünnte Chlorwasserstoffsäure mechanisch zurückgehal

Um einige Thatsachen hier anzuführen, benutze
was Osann[1] über das vorliegende Problem mitgeth
Nach ihm nahm Lassone[2] zuerst die auffallende Er
der durch Wärme verminderten Lösbarkeit wahr, inde
eine siedend heifse Solution von Seignettesalz ätzende
brachte, wodurch die Flüssigkeit dick und weifslich
beim Filtriren aber klar durch das Filtrum floſs, wo
Filtrat in der Siedehitze abermals gerann und beim
sich wieder völlig klar zeigte. Als Lassone die über

1 G. LXIX. 283.

2 Mém. de l'Acad. 1773. p. 214. Crell's chem. Journ. T
S. 109.

s Weinsteins mittelst Kreide neutralisirte und dann misch mit Kalilauge erhitzte, trübte sich die Masse itzen und löste sich beim Erkalten wieder auf. Gay- erwähnt, dafs essigsaure Thonerde, mit einigen von nnten Salzen gemischt, in der Hitze gerinnt, indem erde ausgeschieden wird, beim Erkalten wird letztere der aufgelöst. Osann fand durch eigene Versuche s Erfahrungen bestätigt und entdeckte aufserdem das Verhalten bei den Verbindungen des Kalkes mit neu- id mit saurem weinsteinsaurem Natron; als er aber sauren Kalk im Ueberschufs mit Kalilauge kochte, so Filtriren der erkalteten Flüssigkeit ein Theil unauf- veinsteinsaurer Kalk zurückblieb, gerann diese Flüs- im Erhitzen so, dafs man das sie enthaltende Glas konnte. Ebendieses fand statt bei einer Verbindung steinsaurem Kalk mit Natronlauge, und der weinstein- k ist daher derjenige Körper, welcher das angegebene Verhalten zeigt, doch findet es auch bei weinstein- trontian mit Kali- oder Natronlauge statt. Kalk in lösung von Zucker gekocht und nach gänzlichem Er- ltrirt giebt gleichfalls eine in der Hitze gerinnende it[2]. Graham[3] giebt die Ursache dieser Anomalie, die r bei den Kalkhydraten, auch bei den Lösungen der phosphorsauren Magnesia (durch Niederschlagung ei- ng des phosphorsauren Natrons mittelst schwefelsauren moxyds bereitet) wahrnahm, etwas näher an. Hier- let dieses Verhalten blofs bei solchen Hydraten statt, ine schwache Verwandtschaft zu dem aufgenommenen haben, die dann durch die Wärme noch mehr ge- wird. Auch die Kieselerde ist getrocknet im Wasser , als Hydrat aber löst sie sich in demselben aller- f.

Die hier angegebenen Thatsachen gehören zunächst in et der Chemie, ganz eigentlich der Physik angehörig

---

m. de Chim. et Phys. T. LXXIV. p. 195. Schweigger's Journ.

owitz beobachtete dieses zuerst; s. Crell's chem. Ann. Th. I.

nals of Philos. 1827. Juli. Wiener Zeitschrift Th. III. S. 493.

Digitized by Google

dem beginnenden und mit Zunahme der Temperatur v
derten Schmelzen desselben. Die Aufgabe wird noch s
riger dadurch, dafs der Schwefel, wenn man diese U
chung abrechnet, wie alle andere Körper durch den
der Wärme aus der Starrheit in den Zustand der t
Flüssigkeit und von diesem zur Dampfform übergeht.

Eine eigentliche und zugleich genügende Erklä
so viel ich weifs, noch nicht gegeben worden, auch
dieselbe vor der Hand, und ohne eine Vermehrung der
bekannten Thatsachen, nicht möglich seyn; inzwischen
wir das Phänomen mit andern auf eine solche Weise
bindung bringen, dafs es uns nicht zwingt, das wich
setz vom stabilen Gleichgewichte der beiden Kräfte,
verschiedenen Aggregatzustand der Körper bedingen
deren eine wir die Wärme halten, oder mindestens
dafs die Wärme ihrer wachsenden Intensität propo
Molecüle der Körper stets weiter von einander entf
wegen aufzugeben. Nach Schweigger[1] liegt die
der *Krystall-Elektricität*, wogegen Osann[2] mit R
nert, man wisse eigentlich nicht recht, was Krystall
cität sey, ob sie hierbei statt finde, und noch viel we
sie diese specielle Wirkung hervorzubringen vermöge
rer setzt sie vielmehr mit den analogen Erscheinunge
Kalksalzen in Verbindung und hält deswegen den
für einen zusammengesetzten Körper; allein zu d
nahme ist kein genügender Grund vorhanden, vie
Mitscherlich[3]: „da der zähe, braune Schwefel
„durchaus nicht vom spröden Schwefel verschied
„folgt, dafs eine und dieselbe Substanz, wenn s
„dentlich behandelt wird, ganz verschiedene Eigens
„ben könne.“ Dieser Satz, weiter entwickelt, bri
wahren Erklärung mindestens sehr nahe. Der S
nach einer Menge von Erfahrungen ein Körper, d
lecüle einer veränderlichen Lage gegen einander
Von diesen verschiedenen Lagen gegen einander üb
sein optisches Verhalten, insofern seine Farbe bei der

1 Dessen Journ. Th. V. S. 57. Th. VIII. S. 294.
2 G. LXIX. 296. Vergl. Poggendorff's Ann. XXI
3 A. a. O. S. 42.

Digitized by Google

itsgraden sich ändert. Noch mehr können wir uns iberzeugen, sobald wir die Eigenschaften berücksich- ie derselbe zeigt, wenn er in den wechselnden Flüs- ständen plötzlich erkaltet und seine Molecüle somit ihre eigenthümliche gegenseitige Lage, mindestens gröfs- beibehalten. Diesem analog ist die ungleiche Aggre- r Molecüle verschiedener Körper nach schnellem und ı Erkalten, worauf der bleibende Zustand ihrer Sprö- Elasticität und Biegsamkeit beruht. Nach DUMAS[1] bei 110° flüssige Schwefel nach plötzlichem Erkalten ig und gelb, und dieses ist bis 140° der Fall, ob- dann schon dunkler gelb wird. Bei 170° zeigt er r und orangegelb, nach schnellem Erkalten aber we- hig und gelb. Plötzlich erkaltet bei 190°, wenn er er und orangefarben war, behält er zwar die gelbe aber anfangs weich und durchsichtig und wird später brüchig und undurchsichtig. Steigt die Erhitzung bis bei er zähe und röthlich erscheint, so ist die schnell lasse bernsteinfarben, weich und durchsichtig. Von 260° erhitzt zeigt sich die schnell erkaltete, sehr zähe rothe Masse sehr weich, durchsichtig und röthlich; epuncte endlich, welchen MITSCHERLICH bei 316° gt er sich von braunrother Farbe und minder zähe, ellem Erkalten aber sehr weich, durchsichtig und

Hieraus folgt schon nothwendig, dafs die Molecüle fels bei verschiedenen Wärmegraden eine verschie- ıseitige Lage gegen einander annehmen müssen, die chnellen Erkalten, wenn man die geschmolzene Masse Theilen, z. B. wenn er flüssig ist, als feinen Strahl, altes Wasser bringt, ganz oder wenig verändert bei- Wären die angeführten Thatsachen nicht genügend, zu beweisen, so würde es schon unverkennbar aus ande hervorgehn, dafs der Schwefel zwei Krystall-. Nach MITSCHERLICH's[2] Untersuchungen läfst sich welche dem natürlichen Schwefel eigen ist und sich em aus dem Schwefelkohlenstoff krystallisirten zeigt,

---

[1] de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 83. Poggendorff's Ann.

[2] de Chim. et Phys. T. XXIV. p. 264.

auf ein Oktaëder mit rhombischer Basis zurückführen und hört also zum zwei- und zweigliedrigen Systeme, die an welche man bei dem geschmolzenen und langsam erst Schwefel wahrnimmt, hat ein schiefes Prisma mit rhomb Basis zur Grundform und würde also nach Weiss zum und eingliedrigen Systeme gehören. Die Richtigkeit Thatsachen geht mit Sicherheit aus den genauen durch berg[1] angestellten Messungen hervor, wodurch die den Formen zugehörigen Winkel aufgefunden wurden; und man hinzunimmt, dafs der unter verschiedenen Bedin erstarrte Schwefel, sich selbst überlassen, allmälig Fo Härte ändert, mithin zur eigentlichen oder veränderten stallisation übergeht, so läfst sich mit dieser Eigenthüm auch diejenige leicht in Verbindung bringen, die er rü lich seines Schmelzens zeigt, ohne hierin einen Bew die Zulässigkeit des allgemeinen, über das Verhalten d me aufgestellten Gesetzes zu finden. Als Talbot[2] Menge Schwefel zwischen zwei sich nahe berühren scheiben über einer Weingeistlampe erhitzte, entfernte Schwefel von der untern Platte und setzte sich an d in vielen Tausenden kleiner Massen an. Wurden die der durchsichtigen Partikelchen mit dem Mikroskope so erschienen sie als planconvex, mit der flachen S Glase haftend, und waren so genau sphärisch, dafs s kleineren das Bild eines entfernten Lichtes in ihrem puncte darstellten; nach einigen Stunden aber hatten kleineren diese ihre Durchsichtigkeit beibehalten, die aber waren in Folge einer vorgegangenen Veränd gegenseitigen Lage ihrer Molecüle undurchsichtig Eine solche, selbst nach dem Erkalten im Innern Veränderung stimmt auch mit den durch Mitscherl Andere[3] gemachten Beobachtungen überein[4].

---

1 Poggendorff's Ann. II. 423.

2 London and Edinb. Philos. Mag. N. XLVI. p. 18

3 Vergl. Philos. Magaz. and Annals cet. N. Ser. T. u. 152.

4 Um die Zahl der Eigenthümlichkeiten im Verhalten fels noch zu vermehren, verweisen wir auf die oben §. theilte Beobachtung von Despretz, wonach der flüssige Sch allgemeinen Regel bei tropfbaren Flüssigkeiten zuwider mit

0) Eine zweite allgemeine, auf das Schmelzen und Ge-
der verschiedenen Körper sich beziehende Bemerkung
den Unterschied der zum Zerfliefsen der Körper erfor-
n Temperaturen, jenachdem dieselben einfach oder zu-
esetzt sind. Nach theoretischen Gründen sollte man
berechtigt halten zu schliefsen, dafs der Schmelzpunct
ngesetzter Körper einer Temperatur zugehöre, welche
ere zwischen den beiden ist, wobei die einzelnen Kör-
elzen, oder dafs der leichter schmelzbare Bestandtheil
ne Eigenschaft an den mit ihm verbundenen übertrage,
darf als allgemeine Regel gelten, dafs alle zusammen-
Körper bei einer niedrigern Temperatur schmelzen, als
em Mittel ihrer beiden Schmelzpuncte zugehört, ja
r der Schmelzpunct der Zusammensetzung tiefer liegt,
m leichtflüssigsten Bestandtheile zugehörige. In den
rträgen über Physik pflegte man zwei in das Gebiet
lzungen gehörige Apparate zu zeigen, die neuerdings
ergessenheit gerathen sind und die ich gelegentlich
falls sie künftig einmal wieder hervorgehoben wer-
n; der eine heifst das *Blut des heiligen Januarius*,
das *Wetterparoskop*. Das erstere[1] besteht aus einer
setzung von Wallrath (*sperma ceti*) und Terpentin-
it Ochsenzungenwurzel roth gefärbt, welche in eine
von geeigneter Gröfse gebracht und diese dann her-
rschlossen wird. Man stellt die Mischung so her,
i etwas mehr als mittlerer Temperatur flüssig ist, in
ngerer Wärme aber gesteht; sie ist daher im ge-
n Zustande fest, wird aber durch die Wärme der
ig und hat bei hinlänglich dunkler Farbe einige
it mit dem Blute, unterscheidet sich aber von dem

---

ch abnehmend ausdehnt. Allerdings führen die Formeln
ung der Volumensvermehrung zu einer gleichen Anomalie,
h ist dieselbe noch bei keiner andern Flüssigkeit, als
el, nachgewiesen worden und steht daher wohl unfehlbar
igen Anomalieen dieses eigenthümlichen Körpers in Ver-

achtet ich in diesem Augenblicke den Apparat nirgends
nden kann, so erinnere ich mich doch sehr gut, dafs ich
in Lichtenberg's Vorlesungen gesehn und auch Glasröh-
er Mischung verfertigt habe.

Digitized by Google

ächten in Neapel dadurch, dafs es ruhig zerfliefst, letzteres schäumend aus dem Glase emporsteigt. Das Wetterglas besteht aus einer Auflösung des gereinigten Kampfers in absolutem Alkohol. Die Auflösung wird um so weniger haltig an Kampfer, je mehr Wasser dem Alkohol ist, und hat die Eigenthümlichkeit, dafs bei Verminderung Temperatur der Kampfer in zusammenhängenden Nadeln artig oder vielmehr dem Farrenkraut ähnlich wird. Bringt man daher die Auflösung in geeignete und schmelzt man diese an beiden Enden zu, so lassen aufhängen, und bei eintretender Temperaturverminderung die Ausscheidung erfolgen. Da die Ausscheidung des in so viel höheren Temperaturen eintritt, je mehr gelöst ist, so kann man mehrere Apparate dieser gen, und wenn man dann diejenigen Wärmegrade die Ausscheidung bei den einzelnen bewirken, so aus der beginnenden Krystallisation annähernd auf ratur der Umgebung schliefsen. Hiernach können rate als unvollkommene Thermometer dienen.

Gegenwärtig dient hauptsächlich das leichtflüssige gemisch, das sogenannte *Rose'sche Metall*, als Beispiel Beweis, wie sehr der Schmelzpunct der Metalle durch bindung mit einander herabgebracht wird, denn alle woraus dasselbe besteht, schmelzen erst in bedeutender Temperatur über dem Siedepuncte des Wassers, aber schon unter demselben[2]. Die Sache mufs seit bekannt gewesen seyn, denn die Blecharbeiter bedienen zum Löthen einer Verbindung aus Zinn und Blei, theils des wohlfeileren Preises des letzteren Metalles, theils Mischung leichter schmilzt, als selbst der leichtflüssige

1 Lichtenberg (vermischte Schriften Bd. VIII. S. 18) dafs Romieu im Jahre 1746 zuerst das Auskrystallisiren des aus verdünntem Alkohol wahrgenommen und in Mém. de (daraus in Hamburger Mag. Th. XI. S. 78) bekannt gemacht Erfinder dieses Apparates gilt Joseph Barth aus Nürnberg. waren Wetterparoskope sehr beliebt und wurden in Menge Was Lichtenberg gegen die Wortbildung sagt, ist richtig, es nicht Wetterbaroskop, sondern Paroskop heifsen, weil es vorherverkündigt.

2 Vergleiche Rudberg über das Erkalten der Legirungen Metalle, oben §. 457.

beider, das Zinn. Rose[1] aber lenkte zuerst die Auf-
eit auf diejenige Mischung, welche schon im sieden-
er flüssig wird und nach seiner Angabe aus 2 Th.
, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn besteht. Ein anderes
sverhältnifs giebt d'Arcet[2] an, nämlich 8 Th. Wis-
Th. Blei und 3 Th. Zinn, Döbereiner[3] dagegen
Th. Zinn, 207 Th. Blei und 284 Th. Wismuth für
ımäfsigste Verhältnifs, doch ist für den gewöhnlichen
nicht nothwendig, ein scharf bestimmtes Verhältnifs
alten, wenn man nur ein den angegebenen genähertes
orin stets die Menge des Wismuths gegen die der
rigen am gröfsten ist. Die Metallmischung wird we-
ihres eigenthümlichen Verhaltens zu manchen Zwe-
tzt, und weil sie zugleich vom Wismuth die Eigen-
immt, sich beim Erstarren auszudehnen und daher
Räume einzudringen, so schlägt Gassicourt[4] vor,
n aus derselben in der Art zu verfertigen, dafs die
iten, auf die man dieselbe giefst, sich darin abdrücken,
ıubt, dafs dieses sogar bei einer dicken und stark her-
:n Schrift auf Papier geschehen würde[5]. Aber nicht
den genannten Metallen findet das angegebene Ver-
t, sondern man darf sagen, dafs es bei allen ange-
rd, jedoch nicht in gleichem Grade, ja bei der Ver-
les Kupfers mit Zink als Messing und mit Zinn als
eise rückt zwar der Schmelzpunct unter den des
erab, aber nicht bis zu der Hitze, welche die mittlere
ımelzpuncte ist, wobei aber das quantitative Verhält-
r verbundener Metalle einen Unterschied herbeiführt.

ılsund'sches Magaz. Th. II. S. 24.
rn. de Phys. T. IX. p. 217.
weigger's Journ. Bd. XLII. S. 182.
. gén. des Sciences phys. T. III. Schweigger's Journ. Bd.
. 443.
CHTL in: Jahrbücher des polyt. Institutes zu Wien. 1819.
197 theilt eine ausführliche Tabelle über die Temperaturen
nen diese Legirungen nach ihren ungleichen Mischungsver-
schmelzen. Hiernach schmilzt eine Zusammensetzung aus
muth, 8 Th. Blei und 3 Th. Zinn am leichtesten, nämlich
. Unter den Legirungen von Zinn und Blei schmelzt die,
4 Th. Blei und 6 Th. Zinn besteht, am leichtesten, näm-
8°,9 C.

Digitized by Google

Legt man ein Stück Zinn auf ein Kupferblech, so ve
sich beide bei der Rothglühhitze und das Kupfer wird
löchert. Noch auffallender zeigt sich dieses bei dem s
strengflüssigen Platin, denn dieses schmilzt mit allen M
aufser Eisen, mit einigen sogar sehr leicht zusammen, s
det nicht eben strengflüssige Legirungen, wobei jed
quantitative Verhältnifs sehr zu berücksichtigen ist[1].

Metalle werden nicht blofs durch andere Metalle,
auch durch sonstige Körper leichter flüssig, als sie es
Zustande sind. So ist das Eisen im stärksten Ofe
schmelzbar, der Kohlenstoff macht aber den Stahl, un
Substanz nebst andern Beimischungen, als Phosphor,
u. s. w. das Gufseisen schmelzbar. Hierauf beruhet
nannte *Zuschlag* oder *Flufs*, den man bei den Hü
wendet, um die strengflüssigen Metalle zum Sch
bringen, wozu unter andern der hiervon benannte
gehört. Beim Löthen mit sogenanntem hartem Lo
und Kupfer) oder mit Silber bedient man sich des Bo
Fliefsen der Metalle herbeizuführen, und selbst beim l
gen Schnellloth (Blei und Zinn, oder reines Zinn)
Blecharbeiter Kolophonium zu diesem Zwecke an.
nen Erden sind für sich im stärksten Essenfeuer
bar, allein die Kieselerde schmilzt mit Thonerde
mit Kalk läfst sie sich in Flufs bringen und m
Natron vereint schmilzt sie sogar in der Flamme
bläser. Guyton de Morveau[2] stellte eigene Ve
um diesen Einfluss näher zu ermitteln, welchen die E
sichtlich ihrer Schmelzbarkeit auf einander ausüben,
dafs die an sich unschmelzbaren durch ihre Verbindu
bar werden.

Aus allen diesen und vielen andern Erfahrung
hervor, dafs vereinte Substanzen leichter schmelz
einzelnen Bestandtheile, und es zeigt sich dieses s
dafs ein Naturgesetz dabei zum Grunde liegen m

---

1 Hierher kann auch das leichte Verbrennen de
Schwefel gerechnet werden. Mit einer Schwefelstange
leicht ein glühendes Eisenblech. Vergl. §. 185. Anm.

2 Journ. de l'École polyt. Cah. II. p. 194. III. p.
Chim. T. XXIX. p. 320.

ein solches bis jetzt nicht aufgefunden worden, weil wir Repulsivkraft der Wärme im Allgemeinen kennen, jedoch gs in ihren verschiedenen Modificationen und Bezie- uf die ungleiche Materie so genau, dafs wir anzugeben ten, inwiefern dieselbe durch die ohnehin nur oberfläch- nnten Eigenschaften der Körpermolecüle verstärkt oder ht wird. Aufserdem aber sind die Thatsachen nur im nen, keineswegs aber im Einzelnen so bekannt, dafs sten, welche Körper und in welchen quantitativen Ver- n sie die Schmelzpuncte um bestimmte Wärmegrade gen. Endlich aber ist die Regel nicht allgemein, viel- cht namentlich abermals der Schwefel eine Ausnahme, selbst leichtflüssig ist, aber mit Metallen, selbst den sigen, verbunden sehr unschmelzbare Erze bildet.

allgemeines Gesetz hinsichtlich der Schmelzbarkeit ein- örper stellt Joh. Cloud[1] den Satz auf, dafs namentlich Metallen die Cohäsion ihrer Theile aufgehoben werde Temperaturen, in welchen sie schmelzen, daher ihrer und ihrem specifischen Gewichte proportional sein

Die Proportion zwischen Zinn und Gold giebt dann n nach Fahrenheit:

$36{,}630 \times 7{,}299 : 442 = 150{,}735 \times 19{,}361 : x$,

Schmelzpunct des Goldes = 5103° F. Hiernach wären übrigen Metalle:

Metalle	Cohäsion	specif. Gewicht	Schmelzpuncte F.	C.
Eisen . . .	549,250	7,788	7480°	4137
Kupfer . .	302,278	8,667	4581	2527
Platin . . .	274,320	23,543	11293	6257
Silber . . .	187,137	10,510	3439	1892
Gold	150,753	19,361	5103	2817
Zink	109,540	6,861	1314	712
Zinn	34,630	7,299	442	228
Blei	27,621	11,352	548	287

die theoretische Begründung des aufgestellten Satzes rofsen Schwierigkeiten unterliegen, allein die Erfahrung ineswegs zu seiner Bestätigung; denn die gefundenen

---

rans. of the Amer. Philos. Soc. held at Philad. New Ser. 120.

Digitized by Google

Gröfsen weichen allzusehr, selbst bei sehr bekannten Met
als Blei und Zink, von den Resultaten anderer Messunge
als dafs man hoffen dürfte, auf diesem Wege die andern
schwer zu bestimmenden Schmelzpuncte genau ermitteln
können.

511) Was bei denjenigen Körpern häufig beobachtet w
die in tieferen Temperaturen schmelzen, zeigt sich auch
solchen, die höhere Wärme hierzu erfordern, bis zu den
strengflüssigsten und unschmelzbaren, woraus sich ergiebt,
rücksichtlich dieses Verhaltens keine eigentliche Grenzsch
der Temperaturen statt findet, durch welche die eine Cla
Körper von der andern wesentlich geschieden würde. S
beim Gefrieren des Wassers Wärme entbunden wird, ge
dieses auch beim Gestehen der Körper in höheren Te
turen (§. 457 u. 458), und selbst der Schwefel zeigt
die ungleichen Zeiten seines Erkaltens nach den Me
von Marx[1] ein solches Freiwerden der Wärme in de
schiedenen Stadien seiner wechselnden Flüssigkeit; bei
stallisiren desselben wird aber so viel Wärme entbunden,
das Thermometer, wenn das Festwerden beginnt, un
wieder steigt und bis zur beendigten Erstarrung auf
Puncte verharret, ein Verhalten, welches dem des W
gleich kommt, bei andern Substanzen gleichfalls statt finde
und die Bestimmung der Schmelzpuncte bedeutend ers
Eine ähnliche Erscheinung gewahrte Crichton[2] beim ges
zenen Zinn, indem ein in dasselbe eingesenktes Ther
bis 226°,1 C. herabsank, dann bis 227°,78 C. stieg u
diesem Stande blieb, bis das Metall gestanden war. Er
beobachtete den Stillstand der Temperatur nicht blos
Rose'schen Metalle, sondern auch beim Zinn und Wi
und benutzte dieses zur Bestimmung des Schmelzpunct
selben. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs weite
obachtungen, die nur bis jetzt wegen der Unsicherheit de
mometrischen Apparate oder der Schwierigkeit ihrer Beha
nicht füglich zu erhalten waren, bei verschiedenen andern
den strengflüssigsten, Körpern ein ähnliches Verhalten

1 Schweigger's Journ. LX. 1.
2 Philos. Magaz. 1803. März.
3 Poggendorff's Ann. XX. 282.

Auf gleiche Weise ferner, als manche unter 0° C. ge-
Körper (vergl. §. 498), namentlich das Wasser, sich
tehen ausdehnen, andere dagegen sich fortdauernd zu-
ehen, z. B. das Oel (§. 506), ist dieses auch bei den
sigern Körpern der Fall. Inzwischen herrschen hier-
ı viele unrichtige Meinungen, denn oft sieht man die
Massen, namentlich der Metalle, auf den geschmolze-
immen[1] und betrachtet dieses als eine Folge der Aus-
beim Gestehen, obgleich es nicht selten von Blasen-
errührt, die sich beim Erkalten bilden. So glaubte
Eisen dehne sich beim Gestehen aus, allein nach
[2] ist seine Zusammenziehung ganz entschieden, wes-
i der Gröfse der Formen hierauf Rücksicht genommen
l man dieselben um so viel gröfser macht, als nach
nstausdrucke das *Schwindemafs* beträgt. Vom Zink
ichfalls behauptet, es dehne sich beim Gestehen
in die gemeinsten Erfahrungen ergeben, dafs es sich
beim Erkalten in den Formen zusammenzieht. Eben
der Fall beim Blei, weswegen gegossene Kugeln zu-
icht unter dem Eingufszapfen ein Loch haben. Das
ı dagegen dehnt sich nicht blofs selbst aus, sondern
:h diese Eigenschaft den Legirungen mit. Nach Marx[3]
lie Gröfse der Ausdehnung $\frac{1}{33}$ des Volumens beim rei-
ıll und wird so viel geringer, je gröfser die Quantität
setzten Metalle ist. Auch dem Schwefel wird die Ei-
t des Ausdehnens beim Gestehen zugeschrieben. Ob
r Art dann statt findet, wenn er bei höheren Wärmegra-
lickflüssigere Masse schnell erkaltet, ist vielleicht noch
mit Sicherheit kann aber behauptet werden, dafs er
ı gewöhnlichen Flüssigkeitszustande erstarrend sich
zusammenzieht[4]; denn dieses zeigt sich, wenn man
lasröhren zu Stangen gieſst, die allezeit in der Mitte
iefung erhalten und nie die Röhren, wenn nicht durch

---

ach Pensoz (in Bibl. univ. 1840, Mai) schwimmt auch das er-
lber auf dem geschmolzenen.

andbuch der Eisenhüttenkunde Bd. III. §. 1007.

:hweigger's Journ. LVIII. 454. Berzelius Jahresbericht Bd. XI.

ergl. Marx in Schweigger's Journ. LX. 1 ff.

Digitized by Google

die Erhitzung derselben, zersprengen, vielmehr sich leicht mit glatter Oberfläche von ihren Wandungen ablösen. meisten über 0° C. gestehenden Körper, namentlich die M nehmen ein krystallinisches Gefüge an, wie das Eis; a den Fetten und einigen andern Substanzen ist dieses nic Fall. Unter den Metallen zeigen einige, als Wismuth, mon und Zink, dem bloſsen Auge ein auffallendes kry sches Gefüge, sichtbar ist dieses gleichfalls beim Ge und dem Stahle, bei den andern Metallen weniger, wa beim Eise, die Zwischenräume zwischen den anfangs ge Krystallen durch flüssige, später gestehende Massen a werden und daher der Bruch nicht mehr deutliche Ken der Krystallisation enthält. Da aber das so ausnehmen Quecksilber bei den ersten Versuchen (§. 504), dasse Gefrieren zu bringen, sich krystallinisch zeigte und M Puschkin[1] beim Golde deutliche Krystalle wahrnahm, s fen wir schlieſsen, daſs allen Metallen diese Eigenthü zukommt. Man gewahrt dieses am besten, wenn man genblick benutzt, in welchem die geschmolzenen Me zum Theil erstarret sind, dann die feste Hülle durchs den noch flüssigen Theil ablaufen läſst, wo sich dann a eigentliche Krystalle oder krystallinisches Gefüge zeigt[2]. lich giebt es Körper, welche bei den tiefsten Graden d bis zu den höchsten Graden der Hitze, wenn nicht gl ein ungewöhnlicher äuſserer Druck statt findet, aus dem der Festigkeit nicht zur tropfbaren Flüssigkeit, sondern pansion übergehen. Wir können die Kohlensäure, die aus der Gasform erst flüssig gemacht und dann fest einen solchen Körper betrachten, nicht minder das C Iod[3] und andere, und ebenso werden verschiedene

1 Trommsdorff's Handbuch der gesammten Chemie. Bd. IV. S. 4.

2 In den Handbüchern der Chemie wird bei jedem Krystallform angegeben, wobei sich von selbst versteht, d obachtung der Krystallisation bei denjenigen Metalle schwierig, sondern im eigentlichen Sinne unmöglich ist, da gar nicht flüssig darstellen lassen, oder in solcher diese Beobachtung wegfallen muſs.

3 Das Iod schmilzt nach Gay-Lussac bei 107° C., aber in einer verschlossenen Röhre erhitzt, so steigt violetter Dampf auf.

getabilische Substanzen, aufser die Fette, durch Hitze pfbar–flüssig, sondern sofort gasförmig. Merkwürdig ist ufs die Metalle, unter denen man hierzu meistens Stahl, d Platin wählt, durch einen starken Batteriefunken un– aus der Festigkeit in Dampf verwandelt werden.

) Zur Angabe der einzelnen Schmelzpuncte eignet sich llarische Zusammenstellung am meisten, und diese folgt oweit die Bestimmungen bis jetzt mehr oder weniger kannt sind. Bei solchen Körpern, welche Glühhitze issigwerden erfordern, sind die Angaben wegen der lässigkeit oder eigentlichen Unrichtigkeit der bis jetzt ndung gebrachten pyrometrischen Mittel am wenigsten Zwar widersteht kein bekannter Körper der enormen s *Knallgasgebläses*, und würde dieses sicher dann nicht enn man eine dicke Flamme dieses Gebläses anzuwen– möchte, allein manche Körper schmelzen hierdurch nicht, sie verbrennen, wie namentlich Eisen und Platin, ob– tzteres sich mit einigem Verluste in Folge der Ver– g durch dieses Mittel zusammenschmelzen läfst, andere zwar flüssig, aber man vermag die dadurch erzeugte icht zu messen und die Schmelzpuncte der dadurch gewordenen Körper bleiben daher unbekannt.

ter den Körpern, die rücksichtlich ihrer Schmelzbarkeit merksamkeit vorzugsweise in Anspruch genommen ha– erdient das Platin zuerst genannt zu werden, da es in idern Beziehung so vortrefflich ist und sein Werth eben noch bedeutend erhöhet wird, dafs es den stärksten der Hitze widersteht, ohne wie das Eisen zu rosten, aber wegen dieser seiner Strengflüssigkeit nicht in die– Formen gebracht werden kann, die zum verlangten Ge– erforderlich sind. Inzwischen hat Wollaston[1] ein ngegeben, dieses Hindernifs zu beseitigen. Zu diesem ufs man das Platin in verdünntem Königswasser lang– t allmälig verstärkter Hitze auflösen, um die Mitauf– des Iridiums zu verhindern, und warten, bis das feine pulver sich abgesetzt hat. Die Auflösung wird durch niedergeschlagen, der Niederschlag gewaschen und ge–

---

[1] Philos. Magaz. and Ann. T. V. p. 65. Poggendorff's Ann. 9.

Digitized by Google

preſst und dann sorgfältig erhitzt, um den Salmiak zu ve
tigen. Die so erhaltene Masse wird mit den Händen zu
nächst mit einem hölzernen Pistill in einem hölzernen
zerrieben, damit die Theilchen durch eine härtere S
nicht eine polirte Oberfläche erhalten, die das Zusammen
ſsen in der Hitze verhindern würde. Endlich wird die
nochmals gewaschen; man erhält dann, nachdem das Was
gossen worden ist, um etwa vorhandene Unreinigkeiten zu
ein graues, schlammiges Pulver, welches man in eine
nach unten etwas verjüngte Form bringt und zuerst mit
hölzernen Stempel und Hammer, dann aber mit einem
Stempel unter einer starken, am besten hydraulischen,
zusammendrückt. Durch dieses Verfahren gewinnt man
metallischen Zain, welchen man zuerst über einem Kohl
ausglüht, dann der stärksten Hitze aussetzt und mit
schweren Hammer schlägt. Das so dargestellte Metall k
dann durch Treiben in beliebige Formen bringen.

Gleich strengflüssig ist das *Iridium*, doch schmolz C
mit seiner Volta'schen Riesensäule kleine Stückchen des
Kugeln; mit dem Knallgasgebläse bewirkte zwar Berzel
Schmelzung, allein das Metall senkte sich in den flüssig
denen Thon, der zur Unterlage diente, unverändert
Dagegen gelangte Bunsen[1] zur vollständigen Schmelz
selben, indem er sich einer Kohle zur Unterlage bedie
das mächtige Knallgasgebläse anwandte, welches Döbe
Cary'sches Mikroskop[2] benutzt. Andere strengflüssige
liefsen sich durch die enorme Hitze dieses Gebläses
wohl zum Schmelzen bringen, wenn sie sich nicht, w
das Magnium, zu schnell oxydirten, weswegen sie ver
aber nicht schmolzen. So verbrennt auch der Kohle
Diamant und sonst als reine Kohle, ohne zu schmelz
erdige und metallische Beimischungen dagegen, wie in
wird er schmelzbar, und verwandelt sich im Knallgas
eine mehr oder weniger durchsichtige Glasperle.

1 Poggendorff's Ann. XLI. 207.

2 Dieses Mikroskop, meistens *Knallgasgebläse-Mikros*
gleicht einem Sonnenmikroskope, jedoch geschieht die
nicht durch die Sonne, sondern durch eigens bereitete K
gegen welche der Strom des Knallgasgebläses gerichtet ist.

tet Silliman[1] wo nicht eine Schmelzung, doch eine htigung der Kohle bewirkt zu haben. Als er bei Anwen- ines mächtigen Hare'schen Deflagrators den Versuch mit hlenspitzen anstellte, bemerkte er an der Kohle des ne- Rheophors eine Verminderung; es war eine kleine ng entstanden und an der Spitze des positiven war t Schmelzung sichtbar, wonach also ein Theil von der zur letztern in Dampfform übergegangen und an dem festgeschmolzen seyn müfste. Das Schmiedeeisen ist ls unschmelzbar und wird zwar im Knallgasgebläse flüssig, nimmt die Kugelform an, verbindet sich dabei aber so mit dem Sauerstoff, dafs man es eigentlicher für ver- ls für geschmolzen halten mufs.

) Wie schon bemerkt, sind die Bestimmungen der puncte höchst strengflüssiger Körper sehr unsicher, und lst des Wedgwood'schen Pyrometers gefundenen, ob- e lange Zeit als genau galten, haben gegenwärtig ihren änzlich verloren. Es würde daher nicht der Mühe yn, sie auf Centesimalgrade zu reduciren, auch scheint eeigneter, sie für sich hier blofs voranzustellen[2], weil indestens die relative Schmelzbarkeit hervorgeht.

Substanzen.	Scale nach Wedgwood	Fahrenheit
on Wedgwood's Scale .	240°	32277°
litze eines Porcellanofens, ächtes Nanking-Porcellan chmolz	160	21877
hes Porcellan, beste Sorte, it	156	21357
schmilzt gänzlich . .	150	20577
r Tiegel schmilzt . . .	150	20577
rcellan schmilzt nicht völlig beginnt zu schmelzen .	130	17977
litze einer Schmiedeesse .	125	17327
litze eines Tafelglas-Ofens	124	17197

er. Journ. of Sc. and Arts. T. V. p. 108. Edinburgh Phi- N. XV. S. 187.

i findet sie in Philos. Trans. T. LXXIV. J. 1784. p. 370, System of Chemistry und daraus in Herschel Art. *Heat* in netrop. p. 332.

Digitized by Google

Substanzen.	Scale nach Wedgwood	Fahr
Porcellan (*Bow porcelain*) verglaset	121°	168
Chinesisches Porcellan, schlechteste Sorte, erweicht	120	166
Stärkste Hitze eines Flintglas-Ofens	114	158
Porcellan von Derby verglaset . .	112	156
Steingut sintert zusammen . . .	102	143
Schweifshitze des Eisens, stärkste .	95	134
— — — schwächste	90	127
Erdenwaare erweicht	86	122
Schwächste Hitze eines Flintglas-Ofens	70	101
Werkofen-Hitze für Tafelglas . .	57	8
Holländisches Steingut erweicht .	41	6
Feines Gold schmilzt	32	5
Arbeitsofen für Flintglas	29	4
Feines Silber schmilzt	28	4
Schwedisches Kupfer schmilzt . .	27	4
Messing schmilzt	21	3
Hitze zum Einbrennen des Email .	6	1
Rothglühen bei Tage sichtbar . .	0	

Ungleich genauer und daher auch weit sicherer s jenigen Bestimmungen, welche Daniell[1] mittelst s rometers erhalten hat, die jedoch auf die jetzt erreich nauigkeit gleichfalls keine genügenden Ansprüche mache

Metalle	Schmelzpuncte nach Dan Daniell's Scale	Fahrenheit	C
Gufseisen . . .	497°	3479°	
Gold	370	2590	
Kupfer	364	2548	
Silber	319	2233	
Messing	267	1869	
Zink	94	648	
Blei	87	609	
Wismuth . . .	66	462	
Zinn	63	441	
Quecksilber siedet .	92	644	

1 Journal of Sciences N. XXII. p. 309. Philos. Tra 1831. Philos. Mag. Ser. II. T. X. p. 191. 268. 350. S p. 197.

item die genauesten und jetzt allein als gültig zu be-
den Bestimmungen der höchsten Schmelpuncte und Hitze-
ind diejenigen, welche POUILLET[1] mittelst seines Pyro-
unden hat, die nicht blofs die Schmelzpuncte einiger
sondern auch sonstige sehr hohe Hitzegrade enthalten.
folgende in Centesimalgraden, können jedoch nur als
d genau gelten, da die Unterschiede, mit Ausnahme
i Bestimmungen, 100 Grade betragen.

Schmelzpuncte und Glühen.	Hitze
n	1600° C.
	1500
l, der am schwersten schmelzbare .	1400
der am leichtesten schmelzbare .	1300
es Gufseisen, schwer schmelzbar .	1200
— leicht schmelzbar . .	1100
ses Gufseisen, schwer schmelzbar .	1100
— leicht schmelzbar .	1050
. . . . .	1200
r	1000
lendes Weifsglühn	1600
	1500
s Weifsglühn	1400
sglühn	1300
s Orangeglühn	1200
les Orangeglühn	1100
s Kirschrothglühn	1000
rothglühn	900
gendes Kirschrothglühn	800
es Rothglühn	700
gendes Rothglühn	525

ne Menge Körper sind die Schmelzpuncte mit grö-
geringerer Genauigkeit bekannt. Die hierüber gang-
mmungen sind in der folgenden Tabelle zusammen-
bei die zugleich genannten Beobachter einen unge-
altpunct der Richtigkeit und Genauigkeit abgeben.
r dann POUILLET's Bestimmung für Eisen als min-
r genähert an, so können wir die Schmelzpuncte
gen Körper, die nur im stärksten Essenfeuer flüssig
ischen 1500 und 1600 setzen; nach blofser Schätz-

[1] *t. Thermometer.* Bd. IX. S. 1014.

ung dürfte dann, wenn man den Lichtglanz der Glühhitze ungefähren Maßstab annimmt, der Schmelzpunct derer Körper, die im Knallgasgebläse oder im Strome der Volta'schen Säule flüssig werden, auf 1800° C. zu setzen seyn. In den angegebenen Schmelzpuncten ist daher zu berücksichtigen, dass eben die sehr hohen nur für genähert zu halten sind, und Pouillet die von ihm gefundenen, hierbei zu Grunde gelegten, für nichts anderes ausgiebt.

Körper.	Schmelzpunct	Beobachter.
Kohle?	1800° C.	Silliman
Boron?	1800	
Strontian[1]? . . .	1800	
Yttererde?	1800	
Osmium	1800	
Strontium	1800	Davy
Baryum	1800	Clarke
Iridium	1800	Bunsen
Uran	1800	Clarke
Titan	1800	Clarke
Magniumoxyd . . .	1800	Clarke
Cerium	1800	Clarke
Kalk[2]	1800	Clarke
Rhodium	1750	Clarke
Titanoxyd (Rutil) .	1750	Pfaff
Alaunerde	1700	Strometer
Kieselerde	1700	Clarke
Zirkonerde	1700	Clarke
Zirkonerde mit etwas Kali	1500	Berzelius
Tantalerde	1600	Berzelius
Süfserde	1600	Davy
Platin	1700	Clarke
Palladium	1700	Vauquelin
Eisen	6346	Morveau
	1600	Pouillet

1 Wenn Buchholz ätzenden Baryt und kaustischen Str... der Rothglühhitze geschmolzen haben will, so waren dies... S. Gehlen's Journ. Bd. IV. S. 258 u. 661.

2 Hall und Buchholz wollen kohlensauren Kalk in ei... unter nicht starkem Drucke geschmolzen haben. Gehlen's ... S. 271. Unreiner Kalk erleidet allerdings im Kalkofen ei... zung, allein Kalkspath und selbst Kreide schmilzt nur un... oder sehr schwer im Knallgasgebläse, mit Kieselerde dagegen ...

Digitized by Google

Körper	Schmelz-punct	Beobachter
. . . . .	1500° C.	
. . . . .	1500	Richter
. . . . .	1500	Buchholz
. . . . .	1500	Buchholz
. . . . .	1500	Vauquelin
. . . . .	1500	John
. . . . .	1400	
	1300	Pouillet
. . . . .	1200	Pouillet
, graues .	1200	
	1100	Pouillet
weifses .	1100	
	1050	Pouillet
. . . . .	1050	
. . . . .	1000	Pouillet
. . . . .	500	Stromeyer
. . . . .	513	Guyton-Morveau
	432	Dalton
. . . . .	400	Klaproth[1]
s gewöhn-		
euers . .	400	Irvine
ilzt . . .	371	Murray
	374	Guyton-Morveau
. . . . .	310	Irvine
	312	Guyton-Morveau
	262	Biot
. . . . .	265	Erman
	247	Irvine
	249	Crichton
. . . . .	267	Guyton-Morveau
	228	Crichton
	223	Erman
oth (4 Th.		
h. Zinn)[2]	169	Prechtl
Metall (8		
m., 8 Th.		
h. Zinn)[3]	95	Prechtl
Metall . .	94	Erman
. . . . .	111	Mitscherlich

estimmung heifst: leichter als Antimon, schwerer als Blei.
andere Mischungen dieser beiden Metalle schmelzen erst
Temperaturen.
diese Mischung ist unter allen die leichtflüssigste.

Digitized by Google

Körper	Schmelzpunct	Beobachter
Schwefel	108° C.	Dumas
	108	Dalton
	104	Berzelius
Iod	107	Gay-Lussac
Selen	102	Berzelius
Natrium	90	Gay-Lussac u. T
Kalium	58	Gay-Lussac u. T
Campfer	175	Gay-Lussac
Wachs	61,5	
Spermaceti	56,1	
Phosphor	42,8	Thénard
	37,8	Murray
	40,0	Plac. Heinrich
Stearin	21,3	Bellani
vom Hammel schmilzt	61,0	Braconnot
gesteht	44,0	Chevreul
vom Ochsen schmilzt	57,5	Braconnot
Talgsäure	75,0	Chevreul
Margarinsäure . . .	60,0	Chevreul
Margarinfett . . .	49,0	Chevreul
Hammeltalg . . .	40,0	Braconnot
Rindstalg	40,0	Braconnot
Schweineschmalz . .	40,5	Vogel
	31,0	Chevreul
Gänse- und Entenschmalz	25,0	Braconnot
Cetine	49,0	Chevreul
Wallrath	45,0	Chevreul
Butter	32,0	Chevreul
Olivenöl . . unter	10,0	Schübler
	5,3	Bellani
Rübsamenöl, beginnende Erstarrung . . .	1,0	
Süfsmandelöl . . .	— 21,0	Schübler
feines .	— 9,0	Ross
Mohnöl und Nufsöl[1] gefriert	— 20	Schübler
schmilzt	— 3	

1 Die fetten Oele und Fette erleiden durch Kälte eine Veränderung, indem leichter *gestehende* (nicht eigentlich gefrierende) Antheile derselben abgeschieden werden und erhärten, eine Eindickung herbeiführen und in steigender Wärme nicht sogleich zerfliefsen, weswegen die Bestimmungen der Gefrier- oder Schmelzpuncte, insbesondere wenn man die wechselnden Mischungen nicht berücksichtigt, schwer bestimmbar sind.

Körper	Schmelzpunct	Beobachter
. . . . .	— 3° C.	Chevreul
nöl, rectif. unter	— 27	Marqueron
öl	— 30,6	Parry
yperoxyd unter	— 30,0	Thénard
er (spec. Gew. 1,02)	— 1,5	Erman
c. Gew. 1,01)	— 0,63	Erman
r (spec. Gew. 1,027)	— 2,55	Despretz
	— 2,88	Erman
	— 5,00	Parrot
r (Wasser mit alz) . . .	— 1,21	Despretz
, Eisessig .	22,5	Mollerat
	16,0	Lowitz
	21,3	Bellani
h dem Grade centration bei r Kälte . .	— 2,0 — 30,0	
iure[1], con- centrirte	— 40	Parry
Wasser verd.	— 34,5	Parry
ure . . .	19	Vogel
	25	Bussy
lt gewässerte . Gew. 1,78)	7,5	Dalton
Vitriolöl .	2	Bussy
hwefelsäure Gew. 1,845)	— 25	
Vitriolöl . Gew. 1,84)	0 11,3	Bellani
Gew. 1,78)	8,0	Bellani
ure, englische c. Gew. 1,78)	5,25	Berzelius
säure . unter	— 17,8	Faraday
Säure .	— 78,9	Mitchell
e, concentr.	— 45,5	Parry
	— 54,0	Fourcroy u. Vauquelin
c. Gew. 1,26)	— 28,9	Parry
. Gew. 1,3)	— 19,0	Dalton

[1] chmelzpuncte der Schwefelsäure werden von unverwerf- täten so verschieden angegeben, dafs die Bestimmungen n den nämlichen Substanzen gelten können. Die Aufgabe e genaue Revision.

Digitized by Google

Körper	Schmelzpunct	Beobachter
Brom	— 25° C.	Liebig
Salzsäure . . . unter	— 40	
Chlorstickstoff . unter	— 40	Porret
Chlorkohlenstoff . unter	— 18	Faraday
Chlorcyan	— 10	Gay-Lussac
Chlorzinn	— 45	Parry
Chlorphosphor . .	— 44	Parry
Schwefelblausäure .	— 12,5	Porret
Blausäure	— 15,0	Gay-Lussac
Quecksilber . . .	— 37,5	Kraft u. Erm
	— 35,0	Ross
	— 39,0	
	— 39,45	Hutchins
	— 40,5	Pouillet
Ammoniak	— 49,0	Fourcroy u. V
	— 47,8	Guyton-Morv
Schwefelkohlenstoff unter	— 45	Parry
unter	— 52	Gay-Lussac
Salpeteräther . . .	— 52	Parry
Schwefeläther . unter	— 98,9	Mitchell
Alkohol . . . . unter	—100	Thilorier

3) Dampfbildung, Verdunstung, Sieden.

Eine dritte, sehr wichtige Wirkung der Wärme ist Dampfbildung. Was man unter *Dampf* zu verstehen hat, inwiefern sich derselbe von den Gasen unterscheidet, ist bereits [1] angegeben worden, und so wie man den Flüssigkeits-

1 S. Art. *Dampf*. Bd. II. S. 282. Es wurde oben Bd. I. der Unterschied zwischen *Dampf* und *Dunst* so festgesetzt, dass die völlig durchsichtige, Dunst die nicht völlig durchsichtige Flüssigkeit bezeichne. Manche geben der umgekehrten Benennung den Vorzug, und August in Poggendorff's Ann. XIII. 121 f. Argument hierfür in dem Umstande, dafs niemand *Ausdünstung* sage. Diesem Argumente liefse sich entgegnen, dass ebenso wenig jemand Dunstkanone, Dunstschifffahrt und Dunstsagen würde, was doch geschehen müfste, wenn man den Wasserdessen Elasticität hierbei das bewegende Mittel ist, Dunst wollte. Ursprünglich hiefsen die wegen ihrer Leichtigkeit und eigentlich nicht völlig expandirten Stoffe, die sich als Wolken, Höhrauch u. s. w. zeigen, Dünste, und insbesondere spielten schwefligen und öligen Dünste eine grofse Rolle, die man

ber als eine Folge der Auflösung ihrer Molecüle in off betrachten kann, darf dieses auch von den Dämpfen nen werden. In der Regel sind es Flüssigkeiten, ch der Wärmestoff verbindet und die er dadurch in verwandelt, welche Wirkung mit solcher Intensität t, dafs die Temperatur der Oberfläche durch Abgabe rme merklich unter die der angrenzenden Lagen herab- wischen zeigt sich die Geneigtheit der Wärme zur lung auch dadurch, dafs sogar die Molecüle fester n den Zustand der Expansion versetzt werden. Ge- lieses entweder von selbst oder hauptsächlich mittelst r Vorrichtungen bei trocknen Körpern, wobei sich die gten Theile dann, nach Abgabe ihrer Wärme, wieder Körper abzusetzen pflegen, so bezeichnet man dieses Ausdruck *Sublimation*.

a) Verdunstung.

Die Verwandlung der Körper in expansible oder ela- üssigkeiten findet im Allgemeinen statt, wenn die er Körper eine höhere Spannung hat, als die der Um- der Wärmestoff sich daher von diesen Körpern los- einen Theil ihrer Molecüle in Folge seiner Adhä- enselben mit sich fortführt. Dieser Proceſs mufs um so

---

nden seyn konnten, wenn man sie nicht sah, also im Zu- ger Expansion. Die aus Wasser und sonstigen siedenden en aufsteigenden Blasen nannte man *Luft* und hielt sie auch erdings heifst in einigen Gegenden des nördlichen Deutsch- r niederdeutschen Volkssprache der Rauch des brennenden mpf, was für August's Meinung entscheiden würde, allein in eiten sind die Wortbedeutungen schärfer bestimmt worden. aben wir die permanenten Gase und die Luft als eine specielle g; durch die vielfache technische Anwendung ist der Begriff *Dampf* festgestellt worden, und hieraus ergiebt sich die Be- s Wortes *Dunst* von selbst. Dafs im Sprachgebrauche noch die *Ausdünstung* und *Verdunstung*, welcher letztere schon durch gern: *Verdampfung* verdrängt zu werden anfängt, beibehalten nn nicht entscheiden, denn auf ähnliche Weise nennen wir er schwerer, was sie nicht seyn können, da sie vielmehr gröfserem Gewichte (gewichtiger) sind. Sonach ist der von lte Sprachgebrauch in Beziehung auf die gegenwärtig gang- drücke und deren Bedeutung wohl gerechtfertigt.

Digitized by Google

viel rascher vor sich gehn, je gröfser die vorhandene
des hierzu erforderlichen Wärmestoffs ist, und je genei
gegebenen Körper sind, den Zustand der Expansion an
men, was durch das Verhältnifs der Anziehungskraft ihr
lecüle unter sich und der Repulsivkraft ihrer Wärme
bedingt wird. Inwiefern hiermit das *Sieden* in nothw
Verbindung stehe, wird demnächst angegeben werden; m
beschränken wir uns hier auf diejenige Dampfbildung,
bei Flüssigkeiten unter ihrem Siedepuncte statt findet un
den speciellen Namen *Verdunstung* bezeichnet zu werden
Diesem wichtigen Probleme ist oben ein eigner Artikel
met worden[1], und es wird daher genügen, hier nur noch
Bemerkungen und zwar in nächster Beziehung auf das
hinzuzufügen, welchen die Wärme auf die Verdunstung
Wassers ausübt[2]. Wie leicht die Wärme einen Th
Wassers in Dampf verwandle und mit sich fortführe,
schon daraus hervor, dafs die Verdampfung auch in
aufhört, wenn das Wasser, mindestens seine Oberfläche
ist, als die umgebende Luft, und schon Richmann[3] stel
Reihe von Versuchen an, wodurch er die Stärke der V
stung des Wassers von niedrigerer Temperatur als die
gebenden Luft auszumitteln suchte. Hierbei kommt, wi
der Erwähnung bedarf, hauptsächlich die Begierde in B
tung, womit die nicht gesättigte Luft den gebildeten W
dampf in sich aufnimmt. Uebrigens wufste Ricem
wohl, dafs die Dampfbildung eine Function der Wär
und er bemühte sich daher, das Verhältnifs der Verdu
gröfse zum Unterschiede der Temperaturen des Was
der umgebenden Luft durch Versuche aufzufinden[4], w
jedoch zu keinem bestimmten Gesetze gelangte, weil
die Trockenheit der Luft einen sehr bedeutenden Einfl
übt. Dagegen suchte Flaugergues[5] die Wirkung der
für sich allein zu ermitteln, indem er bei gleichem Ba
stande und gleicher hygrometrischer Beschaffenheit der
Zimmerluft in gleichmäfsiger Temperatur Wasser aus

1 S. Art. *Verdunstung*. Bd. IX. S. 1720.
2 Vergl. ebendaselbst S. 1743.
3 Nov. Comm. Petrop. T. II. p. 145.
4 Nov. Comm. Petrop. T. I. p. 199.
5 Journ. de Phys. T LXX. p. 150.

Digitized by Google

h grofser Oberfläche verdunsten liefs, die Zeiten und n der Verdunstung genau mafs und auf 24 Stunden

Nach der 80theiligen Scale gehörten zu 0° Tempe- Lin. und zu 31° R. 72,2 Lin. eines durch Canivet in ile getheilten Mafsstabes. Wurden die Thermometergrade ssen, die Verdunstungshöhen als Ordinaten genommen, die durch die Endpuncte gezogene Linie eine loga- e Curve. Es ist aber Log. 4,4 = 1,4816045 und = 4,2863414, und hiernach die Subtangente der Curve Proportion

2863414 — 1,4816045 : 31 — 0 = 1 : Subtang.

welches die Subtangente = 11,0527301 giebt. Für sse = x, die Ordinate = y und die Subtangente

$$S\partial y = y\partial x,$$

integrirt für x = 0 und y = 4,4

$$y = 4{,}4 \cdot (2{,}7182818)^{\frac{x}{11{,}0527301}}$$

lie beobachteten und hiernach berechneten Werthe stellt GUES in folgender Tabelle zusammen:

e	beob- acht.	be- rechn.	Un- tersch.	Grade	beob- acht.	be- rechn.	Un- tersch.
l.	4,4	4,4	0,0	16	17,8	18,7	+ 0,9
	4,5	4,8	+ 0,3	17	19,4	20,5	+ 1,1
	4,4	5,3	+ 0,9	18	22,0	22,4	+ 0,4
	5,9	5,8	— 0,1	19	24,8	24,6	— 0,2
	6,8	6,3	— 0,5	20	27,3	26,9	— 0,4
	7,3	6,9	— 0,4	21	30,2	29,4	— 0,8
	7,4	7,6	+ 0,2	22	32,0	32,2	+ 0,2
	8,0	8,3	+ 0,3	23	35,6	35,2	— 0,4
	9,6	9,1	— 0,5	24	38,9	38,6	— 0,3
	10,3	9,9	— 0,4	25	42,0	42,2	+ 0,2
	10,0	10,9	+ 0,9	26	46,8	46,2	— 0,6
	10,9	11,4	+ 1,0	27	51,0	50,6	— 0,4
	13,2	13,0	— 0,2	28	55,7	55,4	— 0,3
	14,0	14,3	+ 0,3	29	61,0	60,7	— 0,3
	15,9	15,6	— 0,3	30	66,9	66,4	— 0,5
	16,4	17,1	+ 0,7	31	72,7	72,7	0,0

t aufserdem noch verschiedene Versuche, wodurch man ke der Verdunstung durch höhere Wärmegrade auszu-

Digitized by Google

mitteln suchte, z. B. von Hassenfratz[1], sie können hi
übergangen werden, da sie mehr der Dampferzeugung
eigentlichen Verdunstung angehören.

515) Noch weit mühsamere Versuche stellte Fa
gues[2] an, um den Einfluss der Trockenheit für sich z
teln. Zu diesem Ende trocknete er Luft in einer gelö
tirten Tonne über frisch gebranntem Kalke, füllte sie
einen blechernen Kasten mittelst auslaufenden Sandes
denselben ein Gefäfs mit Wasser und mafs die Menge
dunsteten Wassers (mit dem angegebenen Mafsstabe.
Verdunstung ganz aufhören mufs, wenn die Luft mit
dampf völlig gesättigt ist, so kam es hauptsächlich
an, das Verhältnifs der Wassermengen, welche in
gegebener Temperatur enthalten seyn können, zu b
In Ermangelung der schärferen Bestimmungen, wel
die neueren Forschungen über diese Aufgabe zu Geb
legte er die Angabe de Saussure's zu Grunde, w
Gran Wassers erfordert werden, um 1 Kubikfufs Lu
R. völlig zu sättigen. Durch eigene Versuche fan
ferner, dafs die Quantitäten Wassers, welche die Lu
schiedenen Temperaturen aufzunehmen vermag, ei
Gesetz, als die oben gefundenen Verdunstungsmenge
Es gehören aber nach der mitgetheilten Tabelle zu 1
Lin. und zu 0° R. 4,4 Lin. Verdunstungshöhen.
findet er aus der Proportion

$$17{,}1 : 4{,}4 = 10 \text{ Gran} : 2{,}6 \text{ Gran}$$

die Menge des Wassers in Dampfform, wodurch ein
Luft bei 0° R. gesättigt ist. Wird dann 1 Kubik
ser zu 373,5 Gran angenommen, so betragen 2,6 Gr
biklinien, und diese im Verhältnifs zu 1 Kubikfufs
geben $\frac{12}{(144)^3}$. Nimmt man die in der obigen Form
nen Gröfsen mit Weglassung der höheren Potenzen
erhält man folgende Proportion:

$$(2{,}718)^{\frac{0}{11{,}05}} \times 4{,}4 : (2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}} \times 4{,}4 = \frac{12}{(144)^3} : \frac{12}{(}$$

1 Journ. de l'École polyt. T. III. p. 368.
2 Journ. de Physique T. LXX. p. 157.
3 Vergl. Art. *Dampf, Dichtigkeit desselben.* Bd. II. S.

Digitized by Google

Ausdruck der Verdunstungsmenge für x° R. bei voll-
er Trockenheit der Luft. Indem aber die Verdunstung
nämlichen Verhältnifs abnehmen mufs, in welchem die
g mit Wasserdampf zunimmt, so ist allgemein für z
Grad dieser Sättigung

$$\frac{12(2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}}}{(144)^3} - \frac{z}{(144)^3}$$

druck für die Stärke der Verdunstung für x° R. und
rad der Sättigung = z. Wird dann z in Kubiklinien
genommen, welche ein Kubikfufs Luft bei der Tem-
= x in Graden der achtzigtheiligen Scale enthält, so
das Verhältnifs

$$(2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}} : (2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}} - \frac{z}{12}$$

dunstung in völlig trockner Luft zu der in Luft, wel-
Kubiklinien Wasserdampf enthält. Die durch Versuche
nen Gröfsen stimmten hiermit aber nicht genügend
, was nicht zu verwundern ist, da die zum Grunde
en Bedingungen der gehörigen Schärfe ermangeln. Eine
Uebereinstimmung zeigte sich, wenn die zweite Gröfse

rhältnisses in $\left((2{,}72)^{\frac{x}{11{,}05}} - \frac{z}{12}\right) \times 0{,}34$ Lin. verwandelt

allein auch dann sind die Unterschiede noch gröfser,
s sie durch blofse Beobachtungsfehler erzeugt seyn könn-
nd Flaugergues erkennt daher die unüberwindlichen
rigkeiten, welche einer genauen Bestimmung des Wer-
on z entgegenstehn, wozu die damals bekannten Hygro-
nicht ausreichten. Gesetzt aber, man könnte diese Gröfse
enauer bestimmen, so findet zugleich im Freien ein so
diger und schneller Wechsel der Temperaturen und Feuch-
sgrade statt, dafs die Formel für diesen Zweck keinen
chen Nutzen gewähren und blofs dazu dienen kann, das
tische Gesetz der Verdunstung zu prüfen. Interessante
che hat Schübler[1] über die Stärke der *Verdunstung des*

---

[1] Naturwissenschaftl. Abhandlung einer Gesellschaft von Wür-
Th. I. S. 211.

Digitized by Google

Eises angestellt. Hieraus ergiebt sich, dafs dieselbe weit ker ist, als man gewöhnlich glaubt, denn im Monat J 1826 betrug sie bei einer mittleren Temperatur von — 7°, und im Ganzen trockner Luft 1,48 Lin., und da die des Sch noch stärker ist, so läfst sich hieraus leicht erklären, wi zugeht, dafs bei starker Kälte gefallener feiner Schnee, w heiteres Wetter und Sonnenschein folgt, bei kalter und tr ner Luft so stark verdunstet, dafs er beim Schmelzen nur nig Wasser giebt. Unter den angegebenen Bedingungen die Stärke der Verdunstung des Eises gröfser, als die des W sers bei nicht hoher Temperatur und trübem Himmel, z. B Februar. Die durch das Gewicht bestimmte Menge des dunsteten Eises betrug im Mittel täglich 0,05 Linien. Einfluſs der Wärme zeigte sich übrigens sehr auffallend, die stärkste Verdunstung in Juli war über zehnmal gröfs die stärkste im Januar bei einem Wärmeunterschiede 36°,19 C.

Die Trockenheit der Luft hat übrigens selbst auf die nischen Verdunstungsprocesse im Grofsen einen bedeut Einfluſs, denn nach einem Durchschnitte aus mehreren J verhielt sich die Gröfse der Verdunstung bei den Salinen Jura[1] in den feuchteren Monaten zu der in den trocknen gleichen Bedingungen wie 92037 zu 109824. Aufser B FORD hat insbesondere auch HASSENFRATZ[2] für techn Verdunstungen im Grofsen, z. B. bei Salinen, die geeign Verhältnisse der Oberflächen zu den Tiefen der Behälter zumitteln gesucht, was auch in Beziehung auf die Meng erforderlichen Brennmaterials bei künstlich erhöhter Temp in Betrachtung kommt. Am vortheilhaftesten fand er die der Oberfläche = 1250 für eine Tiefe = 8, wonach a einer Tiefe von 17 der Durchmesser eines runden Ge = 87, die Seite eines quadratischen = 77 und die b

1 Journ. de l'École polyt. T. III. p. 367.

2 Ebendaselbst p. 364. Die Untersuchungen über die Men aus offenen Canälen verdunstenden Wassers, z. B. die Versu FREIESLEBEN in LEMPE's Lehrbegriff der Maschinenlehre, so wi die Verdunstung der Salzsoolen von verschiedenem Gehalte, s sten's Archiv für Bergbau und Hüttenwesen Th. VI. und Th. IX. S. gehören mehr in das Gebiet der Technologie.

eines länglichen 109 und 54 seyn müfsten. Wie stark
ns die Verdunstung im Freien, besonders des mit Vege-
n bedeckten Bodens, sey, geht aus folgender Angabe her-
Gregory[1] brachte zum Messen des verdunstenden Was-
it Rücksicht auf die Gröfse der Oberfläche in Vorschlag,
ines Glas umgekehrt mit der Oeffnung auf den Boden zu
, nach gemessener Zeit die im Innern angesetzte Feuch-
mit Musselin abzuwischen und ihre Menge durch das
ht zu bestimmen. Nach dieser Methode fand Dodsley
vergleichende Versuche die Verdunstung von Brachland
nonatlicher Dürre bei ganz versengtem Grase in 12 Stun-
)n einem englischen Acre (von 14520 engl. Quadratfufs)
Gallons oder 12800 Pinten betragend. An einem Tage
gefallenem Regen betrug sie in derselben Zeit bei 35°,6
3 Gallons oder 15544 Pinten, und wenn es acht Tage
geregnet hatte, bei einer starken Hitze von 43°,33 C.
Gallons oder 22400 Pinten[2]. Ausgedehntere Versuche
Art würden sehr interessant seyn und uns einer schärfe-
stimmung der in der Natur statt findenden Verdunstung
bringen; sie würden aber einen enormen Aufwand von
fordern, sollten sich die überaus zahlreichen Bedingungen
rdunstungsmenge aus ihnen entnehmen lassen. Die von
EY gefundenen Gröfsen z. B. finden nur für den Fall
dafs der Einflufs der Temperatur und der Sonnenstrahlen
id der 12 Tagsstunden unverändert bliebe, was schon
unmöglich ist. So bemerkt D'Aubuisson[3], indem er
nge des verdunsteten Wassers durch eine allgemeine For-
szudrücken sucht, die nach Dalton's Messungen ge-
e Höhe des verdunsteten Wassers betrage bei ganz ru-
Luft 34 Millim., könne aber unter übrigens gleichen
iden bei bewegter Luft wohl auf 50, ja sogar 60 Millim.
Da es aber unmöglich ist, alle die verschiedenen,

Haushaltung der Natur. Th. I. S. 120. Diese Methode giebt
enügenden Resultate, denn die Wärme wird unter dem Glase
ltnifsmäfsig gesteigert, der Dampf wird nicht sofort wegge-
ind man hat anstatt der natürlichen Verdunstung einen künst-
)estillationsprocefs.

Die hohe Temperatur ist vermuthlich diejenige, welche die
trahlen auf dem Boden erzeugten.

Journ. de Phys. T. LXXI. p. 41.

Digitized by Google

stets wechselnden Bedingungen in einen analytischen Ausd
aufzunehmen, so bleibt es immerhin am rathsamsten, falls
die natürliche Verdunstungsmenge an einem gegebenen Or
erforschen strebt, sich eines geeigneten Apparates zu bed
wozu im Artikel *Atmometer* die erforderliche Anweisung g
ben worden ist[1].

b) Sieden.

516) Die Dampfbildung findet vorzugsweise, nam
bei tropfbaren Flüssigkeiten, dann statt, wenn diese sied
dafs man, wenn vom Dampfe die Rede ist, mitunter
schliefslich solchen versteht, welcher in der Siedehitze e
wird. Die *Siedehitze* ist diejenige, welche beim *Sieden* (*
litio;* Ebullition, Bouillonnement; *Boiling*, *Seething*)
Kochen statt findet, was aber das *Sieden* eigentlich sey,
man für so allgemein bekannt, dafs man es meistens nicht
Mühe werth achtet, dem Wesen dieses Processes nach
schen, dessen eigentliches Verhalten zu begreifen keine
so leicht ist, als wegen der allgemeinen Bekanntschaft m
täglich vorkommenden Thatsachen vorausgesetzt zu w
pflegt. Dennoch aber ist die Menge der hierüber bekannt
wordenen Beobachtungen und Versuche so ausnehmend g
dafs es schwer hält, das Wichtigere unter dem minder Be
tenden herauszufinden und übersichtlich zusammenzustellen

Im Allgemeinen findet das Sieden der Flüssigkeiten
statt, wenn die aus denselben gebildeten Dämpfe einen s
Grad der Elasticität erlangen, dafs sie nicht blofs die ü
nen befindlichen Lagen der Flüssigkeit, sondern auch die
auf drückenden elastischen Medien, namentlich die atmo
sche Luft, mit Leichtigkeit emporzuheben vermögen und
her in Folge ihres schnellen Aufsteigens aus der jedesmal
Flüssigkeit dasjenige eigenthümliche Aufwallen derselben
wirken, wodurch das Sieden kenntlich wird. Sofern insbe
dere bei Gefäfsen von verhältnifsmäfsig grofser Oberfläche

1 Beiläufig möge hier noch die Thatsache nachgetragen wer
dafs auch Dalton den im Art. *Verdunstung* Bd. IX. S. 1722 er
Geruch mancher, namentlich metallischer Körper von losgeris
also verdampften, Partikelchen abzuleiten geneigt ist, s. Bibl.
T. XX. p. 336.

bildung nicht blofs in den unteren Schichten, sondern in
mmtlichen, gleichmäfsig erhitzten, statt findet, oder bei
eträchtlicher Dicke dieser Schichten ihr Druck nicht sehr
rachtung kommt, pflegt man diesen zu vernachlässigen
en Siedepunct in diejenige Temperatur zu setzen, bei
r die Elasticität der Dämpfe die der atmosphärischen
reicht hat. Uebergehn wir die früheren ganz unange-
en Vorstellungen, welche die älteren Physiker in Ge-
it ihrer unrichtigen Ansichten über das Wesen der Wär-
ten, so wurde der Proceſs des Siedens schon früh ge-
erkannt. Ehemals glaubte man, das Sieden bestehe in
Aufsteigen der an das Wasser gebundenen Luft, und
r[1] war wohl der erste, welcher die später aufsteigenden
nicht für Luft, sondern für Dampf hielt. Wie wenig
man aber damals das eigentliche Wesen der Phänomene
e, geht deutlich aus Musschenbroek's[2] Aeufserungen
s Sieden hervor. Nach ihm ist es das Feuer, welches
fadenartig, später flockig in Gestalt von Bläschen auf-
nd sich allseitig ausbreitet. Zugleich aber sollen die
die sich am Boden der Gefäfse bilden, aus Feuer und
bestehn, worin die Wassertheilchen durch Berührung
uers verwandelt werden, und weil das Feuer nur eine
Menge Dampf aufzulösen vermag, so verbreitet sich
rflüssige durch die gesammte Masse und reifst aus dem
eine gewisse Menge Theile in Gestalt des Dampfes mit
t. Später, in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhun-
hielt man allgemein den Dampf für eine Verbindung der
en Flüssigkeiten mit Wärme, und der Unterschied der
edenen Vorstellungen beruhte hauptsächlich auf der Fra-
diese Verbindung als eine chemische, also als eine ei-
e Auflösung, zu betrachten sey oder nicht. Gegen-
hat dieser, am Ende des letzten Jahrhunderts mit Hef-
geführte Streit[3] kein Interesse mehr, auch ist nicht
die Rede von der Mitwirkung der Elektricität, die man
usschenbroek bei der Dampfbildung als nothwendig

---

[1] Mém. de l'Acad. 1748. p. 57. Eine Vorstellung vom Wasser-
als einer Verbindung des Feuers mit irgend einer Flüssig-
mentlich dem Wasser, hatte man schon seit Newton. S. §. 2.
ntrod. ad Philos. Nat. §. 1455.

[3] Vergl. Art. *Regen*. Bd. VII. S. 1214.

Digitized by Google

mitwirkend annahm, vielmehr betrachtet man den Dam
eine Verbindung der Wärme und der Flüssigkeiten in
Weise, dafs die Repulsivkraft der Wärme die Anziehung
der Körpermolecüle merklich übertrifft und letztere dah
stets weiter von einander entfernen, wenn sie nicht durch
fseren Druck zusammengehalten werden.

517) Aus diesen allgemeinen Principien werden leic
die Phänomene des Siedens leicht erklärt. Setzt man ein
fäfs mit einer Flüssigkeit, wir wollen zum besseren Ver
puncte Wasser nehmen, der Einwirkung des Feuers (der
aus, so dringt die erzeugte Wärme durch die Wandung
Gefäfses und theilt sich den berührenden Theilchen mit,
dadurch specifisch leichter werden, demnach aufsteigen
mit, ungeachtet des schlechten Leitungsvermögens der Flü
keiten (§. 287), die gesammte Masse ziemlich schnell er
men. Durch diese Erwärmung wird die Affinität des
zu den absorbirten Gasen geschwächt[1] und diese treten
Gestalt sehr kleiner Bläschen, welche durch die Wan
gedehnt in stets wachsender Menge aufsteigen, wenn
das Wasser, so wie andere Flüssigkeiten, namentlich auch
Quecksilber, durch anhaltendes Sieden von der darin enth
Luft gänzlich befreien kann. Gleichzeitig hiermit wird
der von aufsen zugeführte, das Gefäfs und hauptsächlich
sen Boden durchdringende Wärmestoff die Wasserthe
welche die Oberfläche der inneren Wandungen unmittelb
rühren, in Dampf, welcher wegen seiner Leichtigkeit
aufsteigt und eine andere dünne Wasserschicht an seine
treten läfst, die dann der nämlichen Verwandlung unt
Dieses unausgesetzte Zuströmen neuer Wärme und die
durch bedingte, stets erneuerte Bildung von Wasserdam
zwei Folgen nach sich, die in der Natur der Sache beg
sind. Wenn zuerst das umgebende Wasser noch so k
dafs die fortwährend an der inneren Fläche des Gefäf
bildeten Dampfblasen sofort ihre Wärme an die höheren
serschichten wieder abgeben, so verschwinden die ent
Bläschen augenblicklich nach ihrer Entstehung wieder;
gebende Flüssigkeit dringt in Folge des Druckes der Wa
schichten und der darüber ruhenden Atmosphäre in den

1 S. Art. *Absorption*. Bd. I. S. 46.

Digitized by Google

i leeren Raum und schlägt mit einiger Heftigkeit ge-
Wandung des Gefäfses. Erneuert sich dieser Procefs
rn Stellen schnell, so entsteht hierdurch ein hörbares
, das sogenannte *Simmern*, welches man namentlich
lenen und insbesondere kupfernen Gefäfsen wegen der
hern Wärmeleitung, mitunter von bedeutender Stärke,
hmen pflegt und worauf zuerst NICHOLSON[1] auf-
machte, welcher zugleich das Phänomen richtig und
ie früher, aus dem Aufsteigen der Luftblasen erklärte,
aufserdem seine Erklärung durch Versuche unter-
Eine vollständige Bestätigung gab bald nachher ein
selbst beobachtetes merkwürdiges Phänomen. Der
en bestimmte Schlamm des Schwefelbades zu Eilsen
Hannover) wurde in einem grofsen, etwa 2,5 Fufs
inernen Behälter mittelst des Dampfes erwärmt, wel-
durch ein etwa 1,5 Zoll weites, fast lothrecht her-
nes, durch eine Wand geleitetes und am andern, gleich-
bgebogenen Ende auf einem grofsen Kessel befestigtes
zuströmte[2]. Der Kessel befand sich in einer eigenen
e und war zur Zeit der Beobachtung, so wie das
Zwischenwand geleitete Bleirohr, siedend heifs. Un-
jeder Secunde und selbst öfter erfolgte ein mit ei-
schütterung des Gebäudes verbundenes Getöse, ähnlich
igen Schlage mit einem schweren Hammer auf einen
n, und man hörte dieses nicht blofs in dem Gebäude,
selbst schon in etwa 20 Schritt Entfernung von dem-
Die Veranlassung konnte keine andere seyn, als der
welcher aus dem Heizkessel in den Schlamm des
getrieben wurde, die in dem Bleirohre aufsteigende
itssäule herabdrückte, nach Abgabe der Expansions-
her ein Vacuum erzeugte, in welches der Schlamm
igkeit eindrang. Die Flüssigkeit im Behälter blieb da-
wegt und nur selten stiegen einige Luftblasen neben
ire bis zur Oberfläche empor; dem Rohre aber wurde
nütterung, aufser sofern es an der des blofs zu diesem
estimmten kleinen Hauses Theil nahm, noch beson-

---

essen Journal Th. XI. S. 216. G. XXII. 397.

er Heizapparat war also nach der älteren Bezeichnungsart
nunter *Pelican*.

ders mitgetheilt, wovon man sich bei der Berührung dess
überzeugen konnte, soweit dessen Hitze dieses gestattete[1].

518) Eine zweite Wirkung, welche als Folge des
der Wärmequelle stets ausströmenden, das Gefäfs durch
genden und an die berührenden Wassertheilchen übergeh
Wärmestoffes zu betrachten ist, wurde oben (§. 305) b
Untersuchung der Wärmeleitung bereits erörtert, nämlic
verhältnifsmäfsig geringe Wärme des Bodens solcher G
in denen das Wasser stark siedet, in dem Augenblicke,
man sie vom Feuer entfernt. Es ist zu verwundern,
dieses interessante, für die Materialität und ganz eige
Bewegung des Wärmestoffes so sehr sprechende Phäno
neuerdings durch Jacquemyns und die Brüsseler Ak
wieder aus der Vergessenheit gezogen, in der vorherge
Zeit aber gänzlich vernachlässigt wurde, ungeachtet die
Beobachtung desselben sich schon beim Aristoteles[2]
det. Dieser giebt blofs die Thatsache an und beschr
auf ein dünnes Gefäfs, was auch insofern gegründet
das Durchströmen der Wärme durch eine zu dicke Mas
zu sehr verzögert seyn darf. Durch die Mitglieder der
Akademie[3] wurde das Phänomen geprüft und bestätigt
den, dabei aber bemerkt, das Gefäfs müsse grofs und
Boden sehr dünn seyn, auch finde die Abkühlung der
fläche nur so lange statt, als das Wasser noch im
bleibe, indem unmittelbar nachher der Boden wieder sch
werde. Gehler[4] erwähnt zugleich die wegen ihrer S
barkeit interessante Erklärung, welche Homberg, M
Musschenbroek, Brisson u. A. über dieses Phäno
stellten, wonach die Wärmetheilchen wie Pfeile mit
Spitzen durch das Gefäfs dringen und aufwärts steigen
also die Hand nicht verletzen können, bis das Sieden
und die Wege verstopft sind, so dafs sie dann ihre R
umkehren. Er selbst giebt übrigens die richtige Erklär

1 Gilbert in einer Anm. a. a. O. theilt ganz diese Ansich
übrigens schon Gehler im Wörterb. a. A. Th. IV. S. 45 a
scheinlich aufstellt.

2 Problemat. Sect. XXIII. §. 5.

3 Histoire de l'Acad. 1703. p. 80.

4 Wörterbuch, a. Ausg. Th. IV. S. 56.

genauen Zusammenhange hiermit steht die bekannte
ng, dafs eine freie und, man möchte sagen, ungehin-
ewegung der Wärme erfordert wird, um den Procefs
dens fortdauernd zu erhalten, welche nicht statt finden
sobald die Leitung derselben unterbrochen ist. Auch
war bereits (§. 300) die Rede, und es wurde eben in
ng auf die Fortpflanzung der Wärme die bekannte Er-
erörtert, dafs das Wasser in einem Gefäfse, welches
einem gröfseren Gefäfse mit siedendem Wasser befindet,
m Sieden gelangt, wie stark auch das Feuer seyn mag,
n das äufsere Gefäfs aussetzt. Erfahrungen hierüber
in Menge; die Sache ist ausführlich erörtert worden von
Cherrak[1], und aufser den bereits genannten Forschern,
lieses Problem einer näheren Untersuchung werth hiel-
men noch Borrichius[2], Cigna[3] und v. Lamperti[4]
werden. Letzterer setzte vier zunehmend kleinere Ge-
einander und fand, wenn das äufserste einem lebhaften
gesetzt wurde, die Temperaturen 100°; 92°,5; 86°,25;
war aber das äufsere mit Salzwasser gefüllt, so beob-
r folgende abnehmende Temperaturen: 102°,5; 95°,0;
83°,75 C. Technisch liefse sich hiervon eine An-
machen, wenn man irgend eine Substanz einer con-
die Siedehitze nicht erreichenden, vielmehr in einem
m Abstande davon befindlichen Temperatur aussetzen
die sich dann durch die Menge der in einander ge-
efäfse bestimmen liefse. Die Chemiker bedienen sich
ttels seit der längsten Zeit, indem sie ein Wasserge-
n anderes mit siedendem Wasser setzen, und nennen
pparat *Marienbad*, *Wasserbad* (*balneum mariæ seu* bain-Marie). Man wird bei dieser Betrachtung un-
h an die Fortpflanzung des Schalles erinnert, für wel-
ene, wollene oder sonstige Fäden und Gewebe bessere
ittel abgeben, als die Luft, obgleich eben diese sei-
gang hindern, wenn sie wiederholt von den durch die
gepflanzten Wellen durchdrungen werden müssen, in-

sert. de aqua intra aquam ferventem non ebulliente. Gro-
. 4.
ta med. et phil. Hafn. 1771 u. 72. p. 135.
rm. de Phys. T. III. p. 109.
rmbstädt's Bülletin. Th. X. Hft. 3.

Digitized by Google

dem man die Schläge der Unruhe einer Taschenuhr aus
Entfernung durch die Luft sehr gut wahrnimmt, aber
nicht, wenn die Uhr in ein Tuch eingewickelt ist.

519) Es läfst sich hier zunächst der Einfluſs an
welchen die *Oberfläche der Gefäfse*, worin sich die Fl
keiten befinden, auf das Sieden derselben ausübt. Wolle
zur richtigen Beurtheilung der in dieser Beziehung vorko
den und vielfach beobachteten Thatsachen zuerst die allg
nen Principien feststellen, worauf eine richtige Erklärun
gründet seyn muſs, so ist Folgendes zu bemerken, wenn w
bereits §. 229 und 234 erörterten Einflusse der Oberfläch
die Wärmestrahlung abstrahirt und bloſs der Proceſs de
dens berücksichtigt wird. Sobald die gegebene Flüssigke
jenige Temperatur angenommen hat, vermöge welcher d
ihr aufsteigende Dampf die erforderliche Elasticität besit
sowohl die Lagen der Flüssigkeit, als auch die darauf drü
Luftsäule mit Leichtigkeit zu heben, so tritt das Sied
und dauert mit gröſserer oder geringerer Raschheit
leichter und schneller Wärme von aufsen zuströmt.
aber die letztere stets zur Bildung neuen Dampfes dient,
die Flüssigkeit nicht wärmer werden, und die Fixität de
depunctes ist daher lediglich durch den Luftdruck beding
von sofort die Rede seyn wird. Auf das in die Flüs
getauchte Thermometer wirkt aber nicht bloſs die de
eigene Wärme, obgleich diese die vorzüglichste Ursa
sondern zugleich die von den Wandungen, hauptsächlich
Boden des Gefäfses, ausstrahlende, die bei so vielen E
nungen eine sehr bedeutende Rolle spielt. Diese letztere
wiederum auf zweierlei Weise, zuerst indem sie auf die
mometerkugel fällt und das Quecksilber steigen macht,
zweitens indem sie auf adiathermane Körper stöſst und
zur Entwickelung von Dampf disponirt. Befinden sich
lich kleine Stückchen fester Körper, namentlich feine
spähne, Feilicht, Sägespähne von Holz oder sonstige
Theilchen im Wasser schwebend, so gewahrt man, daſs
diesen kleine Gasbläschen aufsteigen, und thermometrische
sungen ergeben, daſs sie das Sieden erleichtern. Diese
kung kann nach unsern Vorstellungen von der Wärme
zweierlei Weise erklärt werden; denn daſs sich fortda
Wärme aus diesen Körperchen entwickeln solle, ist auf

nzunehmen. Sie müssen daher entweder die aus den gen der Gefäfse strahlende Wärme auffangen und an berührenden Wassertheilchen zur Bildung von Dampf oder aber die im Wasser befindlichen, unsichtbar Dampfbläschen hängen sich an sie, werden durch ihre ung vergröfsert und steigen dann auf, wie die Luft- in gashaltigen Flüssigkeiten sich an allen, insbeson- en und faserigen Körpern ansammeln. Welcher von nsichten wir auch huldigen, so dient jede zur Erklärung diese Körperchen erzeugten Wirkung, und die Strah- den Flächen ist ohnehin für sich, wie wir sehn wer- ügend erwiesen.

war seit langer Zeit bekannt, dafs die Temperatur des Wassers bei gleicher Barometerhöhe zwar im Gan- constante sey, dafs jedoch kleine Unterschiede sich nbar zeigen. Achard[1] redet von solchen wenig merk- weichungen, die namentlich auch durch unauflösliche, r befindliche Körper hervorgebracht werden, und giebt ausführliche Tabelle über die verschiedensten Sub- wohl, als auch die Stärke ihres Einflusses. G. G. [2] kam bei seinen Untersuchungen über die Elasticität erdampfes zu der Ueberzeugung, dafs der Siedepunct haupt nicht mit einer 0°,1 R. erreichenden Sicherheit lasse, und betrachtet dieses als eine Folge des mit r Elasticität aufsteigenden, beim Entweichen aber nnung momentan verlierenden Wasserdampfes[3]. Al- efindet sich die Oberfläche des Quecksilberfadens ei- edendes Wasser eingetauchten Thermometers oft in llirenden Bewegung, es ist jedoch schwer zu ent- ob der angegebene Grund dieses erklärbar macht, ieses Schwanken eine Folge der in ungleicher Menge

---

n. de Berlin. 1785. p. 2. Ann. de Chim. T. X. p. 49.
's Journ. XXVII. 27.
n N. Journ. d. Physik. Th. IV. S. 294.
sehr wortreich erzählten Versuche, welche Bellani ange- wobei er den Einfluſs fester Körper auf die Temperatur bestätigt, übrigens den Siedepunct schwankender fand, lern Beobachtungen vereinbar ist, übergehe ich, da sie Aufklärung der Aufgabe enthalten. S. Brugnatelli Giorn. 13.

Digitized by Google

zuströmenden Wärme ist. Befindet sich das Wasser in dauernd gleichmäfsigem Sieden, hält man das Thermometer verrückt in gleicher Entfernung vom Boden des Gefäfses, sorgt man dafür, dafs der hervorragende Theil der Röhre zu ungleich abgekühlt werde, so bleibt das Ende des Quecksilberfadens constant auf dem gegebenen Siedepuncte. Egen[1] hat den Einfluss der Tiefe, bis zu welcher die Thermometerkugel ins Wasser getaucht worden ist, auf die Höhe des Siedepunctes und das stete Schwanken des unbekleideten Thermometers wahrgenommen; wenn man aber die Kugel eintaucht, so hängt die Höhe des alsdann fixen Siedepunctes von der Beschaffenheit der Bekleidung ab. Am meisten Aufmerksamkeit erregten die Resultate, welche Gay-Lussac[2] durch seine Versuche erhielt. Hiernach fand er, dafs ein Thermometer im Wasser, welches in einem gläsernen Gefäfse siedete, 100° C. zeigte, aber auf 100°,329 herabging, wenn er fein gepulvertes Glas hineinstreute, und auf 100°,0, wenn er feine Metallspähne hineinbrachte; in einem metallenen Gefäfse dagegen zeigte das Thermometer genau 100° C.; die Weite des Gefäfses hatte keinen Einfluss auf den Siedepunct und ebenso wenig die Menge der eingestreuten metallischen Feilspähne. Indem nahm man allgemein an, dafs das Wasser in metallenen Gefäfsen leichter siede, als in gläsernen, und auch dann, wenn Metalltheilchen im Wasser schwimmen; Biot[3] sagt, dafs Wasser, bis zum Aufhören des Siedens um eine Reihe von Grad keit abgekühlt, durch einige hineingeworfene Feilspähne wieder zu sieden beginne, und wagt nicht, die Ursache dieser Anomalie anzugeben, stellt aber als Regel auf, dafs der Siedepunct der Thermometer mit Anwendung eines metallenen Gefäfses bestimmt werden müsse[4]. Diese Ungewifsheit der Sache bewog mich selbst, in Verbindung mit L. Gmelin[5] einige Versuche anzustellen, wozu sich sehr geeignete Mittel darbieten. Das hiesige Cabinet enthält einen Apparat für die Le-

1 Poggendorff's Ann. XI. 285.

2 Ann. de Chim. T. LXXXII. p. 174. Ann. de Chim. T. VII. p. 307. Schweigger's Journ. XXIV. 327.

3 Traité cet. T. I. p. 43.

4 Man weifs jetzt, dafs der Siedepunct der Thermometer im Dampfe constant erhalten wird, s. Art. *Thermometer*. Bd. IX.

5 G. LVII. 211.

eitung mit 8 cylindrischen Gefäfsen von 3 Zoll Höhe
Zoll Weite, sämmtlich von gleicher Dicke der Wan-
und des Bodens. Wir wählten deren 5 von Kupfer,
, Zinn, Blei und Marmor, nahmen hinzu einen mög-
nlichen Tiegel von dünnem Silber und einen von Pla-
ige abgesprengte Medicingläser von nahe ähnlicher
ein Gefäfs von Fayence, eins von Porcellan und einen
Topf, brachten in allen reines Wasser auf die nämliche
am Sieden, und beobachteten den Siedepunct an dem-
hermometer. In allen stand das Thermometer höher,
Kugel den Boden berührte, und dieser Unterschied
gröfsten bei Messing, wo er 0°,7 R. betrug, am ge-
aber bei Porcellan, wo er nur 0°,1 R. erreichte. Die
ieterstände selbst, wenn sich die Kugel 0,5 Zoll unter
fläche des Wassers befand, waren folgende, den Sie-
ler Scale als Grenze angenommen:

Gefäfse von	Grade R.	Gefäfse von	Grade R.
. . . .	— 0°,20	Porcellan	— 0°,05
. . . .	— 0,50	weifses Glas . . .	0,00
. . . .	+ 0,01	grünes Glas . . .	+ 0,60
. . . .	— 0,15	grünes Glas . . .	0,00
. . . .	— 0,15	grünes Glas . . .	+ 0,10
. . . .	— 0,10	Fayence	+ 0,30
. . . .	— 0,10	irdener Topf . . .	+ 0,29

em und der einen Sorte des grünen Glases zeigte sich
n Unterschied, und vermuthlich war der Siedepunct
ins gebrauchten Thermometers in einem solchen Ge-
in einem kupfernen, wobei die Abweichung am ge-
st, bestimmt; hineingeworfener Sand brachte den Sie-
am einige Zehntel eines Grades herab, Kupferfeil-
er, wovon der gröfste Theil auf dem Boden lag, ein
ringerer aber obenauf schwamm, schien keine Wir-
naben[1]. Nehmen wir den gröfsten Unterschied zwi-

[1] se Abweichung von Gay-Lussac's Erfahrungen beruhn ver-
af dem Umstande, dafs wir die Gefäfse der Gleichmäfsig-
neben einander stehend in einem Sandbade erhitzten, wo-
das Zuströmen der Wärme und das Aufsteigen des Dam-
ering war, um die Metallspähne mit sich empor zu

Digitized by Google

schen Platin und Glas, so beträgt dieser 1°,1 R. oder
C., also mehr, als Gay-Lussac gefunden hat, bei al
dern ist er geringer, und ein bestimmter fester Unte
zwischen der Siedehitze in gläsernen und metallenen G
findet also hiernach nicht statt, doch siedet das Wasse
len metallenen Gefäfsen, mit Ausnahme des Kupfers, b
ringerer Wärme, als in gläsernen. Ein nicht unbede
Umstand entging dabei unserer Aufmerksamkeit nicht.
silberne Becher hatte an einer Stelle des Bodens, etw
wärts, einen schwarzen Fleck. Sobald die Kugel die
rührte, stieg das Thermometer bis + 0°,5 R. und kehr
der blanken Oberfläche in Berührung gebracht, wa
— 0°,10 zurück. Hierin scheint mir der Beweis für d
wesenheit strahlender Wärme zu liegen.

Rudberg[1] war blofs mit Gay-Lussac's Versuch
kannt, wenigstens erwähnt er diese allein; er wiederh
und fand den Siedepunct, wenn er in einem eisern
bei 100° C. gefunden wurde, in einem gläsernen
bei 101°,3 liegend, statt dafs Gay-Lussac 101°,23 g
habe. Dafs bei verschiedenen Glassorten der Siedep
gleich hoch liege, geht aus den eben angegebenen Ve
hervor, allein auch die verschiedenen Metalle erzeug
Unterschied, und anstatt dafs Rudberg blofs eine ei
liche Sorte Glas und Eisen mit einander verglich, rede
Lussac im Allgemeinen von dem Unterschiede, welc
in dieser Hinsicht zwischen Metallen und Glas zeig
Glück hat dieses Problem gegenwärtig, da man den Si
der Thermometer vermittelst Wasserdampfes bestim
praktische Wichtigkeit verloren, es hat gegenwärtig n
wissenschaftliches Interesse, ist aber noch keineswegs
dig gelöst, wie aus der Ungleichheit der erhaltenen
hervorgeht; denn da die einander am nächsten ko
durch Gay-Lussac und Rudberg gefundenen, dennoch
lich von einander abweichen, so liegt hierin ein Wah
lichkeitsgrund für die Richtigkeit der durch Gmelin
gefundenen Bestimmungen. Welches auch immer de
dieser Eigenthümlichkeit, das Wasser bei ungleichen
turen zum Sieden zu bringen, seyn mag, warum sollt

1 Poggendorff's Ann. XL. 49.

allen und im Gegentheil bei allen Glasarten in glei-
ke wirksam seyn?

Ursache dieser Ungleichheit der Siedehitze des Was-
erschiedenen Gefäfsen findet Rudberg in der Adhä-
Wassers zu den Wandungen oder, wie er sich wört-
rückt, darin, dafs das Wasser vom Glase stärker an-
werde, als vom Metalle. Obgleich keine andere mög-
soll, so ist doch diese zuverlässig durchaus unstatt-
nn die Dampfblasen steigen unter allen Bedingungen
reise aus und in der Mitte des Wassers auf, wohin
in unmefsbare Ferne wirkende Adhäsion nicht reichen
Wollten wir aber auch annehmen, die Adhäsion des
oder selbst auch des Dampfes am Boden der Gefäfse
ker beim Glase als beim Metalle, und diese müfsten
ne höhere Temperatur annehmen, ehe sie sich loszu-
nd aufzusteigen vermöchten, so würden sie doch in
e und nahe an der Oberfläche des Wassers ihren Ue-
s wieder abgeben, wie dieses vor dem Sieden ge-

Weit mehr Wahrscheinlichkeit hat daher die oben
ene Ursache für sich, wonach die namentlich vom
usgehende strahlende Wärme diese Wirkung hervor-
was darin Bestätigung findet, dafs das Glas ein weit
anerer Körper ist, als Metall, selbst für dunkle Wär-
ch mehr für leuchtende, weswegen auch die von mir
elin gefundenen Unterschiede, aufser für Platin und
zige Glassorte, alle geringer sind, als die durch Gay-
und Rudberg erhaltenen, da wir dunkle Wärme im
le, jene aber ohne Zweifel leuchtende anwandten. Hier-
echen auch Rumford's Versuche, wonach heifses Was-
gläsernen Flaschen von weit dickeren Wandungen schnel-
ltete, als in metallenen (§. 230). Wird diese strah-
Wärme durch kleine Körperchen aufgefangen und zur
ildung verwandt, so steigt die Wärme nicht, eine glei-
irkung kann aber die glatte Thermometerkugel nicht äu-
und aufserdem bleibt fraglich, ob diese kleinen Partikeln
blofs die unsichtbaren Dampfbläschen vereinigen, ihr
igen erleichtern und dadurch die Temperatur des sie-
n Wassers herabbringen.

20) Im genauesten Zusammenhange mit diesen Phänome-
cht ein anderes, nämlich das *Sieden der Salzsolutionen,*

Digitized by Google

wobei die siedende Flüssigkeit eine zunehmend höhe
peratur hat, als reines Wasser, während die Wärme
beiden aufgestiegenen Dampfes ganz gleich ist. Ma
lange im Allgemeinen, dafs Wasser, worin Salze
sind, eine höhere Temperatur beim Sieden annimmt,
es rein ist, es wurde daher als Bedingung gefordert,
die Bestimmung des Siedepunctes der Thermometer rei
ser angewandt werden müsse, und Salzsolutionen wur
wandt, um nach Art des Marienbades eine höhere Wä
die des siedenden Wassers, ohne unmittelbare Anwen
Feuers, auf gewisse Substanzen einwirken zu lassen;
gentliche wissenschaftliche Aufgabe ist aber, das Ve
der Temperaturen siedender Solutionen zu der Me
Lösbarkeit der verschiedenen Salze aufzufinden. Ei
hierher gehöriger Versuche hat Griffith[1] angestellt,
doch, wie Poggendorff bemerkt, nicht wissenschaf
nug sind und manches zu wünschen übrig lassen. D
Wasser mit einem Ueberschusse des jedesmaligen Sal
nem porcellanenen Gefäfse über einer Argand'schen La
Sieden und mafs die hierzu gehörige Temperatur. De
gehalt der Lösung mafs er dadurch, dafs er einen T
Lösung abdampfte und die Menge des enthaltenen Sal
das Gewicht bestimmte; er gelangte auf diese Weise
Resultate, dafs der Siedepunct nicht stets im geraden
nisse zu der Menge des enthaltenen Salzes und sein
barkeit steht. Die nachfolgende Tabelle, welche die g
nen Gröfsen enthält, wird am besten dazu dienen, di
hervorgehenden Folgerungen zu entnehmen.

---

1 Journal of Science. N. XXXV. p. 90. Berzelius Je
richt 1826. S. 50. Poggendorff's Ann. II. 227. Wiener Je
Th. I. S. 291 u. s. w.

Solutionen.	Procente des Salzes.	Siede-punct in Graden C.
ssigsaures Natron	60	124°,5
alpetersaures Natron	60	118
Veinsaures Kali-Natron . .	90	115,6
alpeter	74	114,5
almiak	50	113,3
chwefelsaures Nickel . . .	65	112,8
Veinsaures Kali	68	112,3
ochsalz	30	106,8
alpetersaure Strontianerde . .	53	106,8
chwefelsaure Talkerde . . .	57,5	105
aures, schwefelsaures Kali . .	....	105
orax	52,5	105
hosphorsaures Natron . . .	....	105
ohlensaures Natron	....	104,5
alzsaurer Baryt	45	104,5
chwefelsaures Zinkoxyd . .	45	104,5
laun	52	104,5
)xalsaures Kali	40	104,5
)xalsaures Ammoniak . . .	29	103,3
lutlaugensalz	55	103,3
hlorsaures Kali	40	103,3
oraxsäure	....	103,3
chwefelsaures Kalikupfer . .	40	102,8
chwefelsaures Kupferoxyd . .	45	102,2
chwefelsaures Eisenoxydul . .	64	102,2
alpetersaures Bleioxyd . . .	52,5	102,2
ssigsaures Bleioxyd	41,5	101,7
chwefelsaures Kali	17,5	101,7
alpetersaurer Baryt	26,5	101,1
Weinstein	9,5	101,1
ssigsaures Kupferoxyd . . .	16,5	101,1
yanquecksilber	35	101,1
uecksilbersublimat	....	101,1
chwefelsaures Natron . . .	31,5	100,55

21) Eine sehr ausführliche Untersuchung über die Ver-ng des Siedepunctes durch die verschiedenen, in unglei-Quantitäten aufgelösten Salze hat Legrand angestellt[1],

[1] Recherches sur les Variations que les sels dissous en diverses ions produisent dans le point d'ébullition de l'eau. Par. 1835. 8. e Chim. et Phys. T. LIII. p. 425. Auszug in l'Institut 1835. N. Poggendorff's Ann. XXXVII. 879.

Digitized by Google

deren Resultate wir hier in einem kurzen Auszuge mittheil wollen. Das hierbei gebrauchte Thermometer war sehr gr und der nicht eingetauchte Theil seiner Röhre wurde berü sichtigt; die Flüssigkeit befand sich in einer 6 Z. langen, Lin. weiten Glasröhre oder in einem Platintiegel, und Thermometer wurde durch einen, zum freien Durchgange Dampfes durchbohrten Kork festgehalten. Die Salze w vorher getrocknet; die aufgelösten Mengen wurden durch Gewicht bestimmt, und zwar bei zerfliefslichen durch den wichtverlust der Flasche, woraus man sie nahm; um aber jeden Augenblick das Verhältnifs ihrer Menge zu der des W sers zu kennen, welches sich durch den Verlust des Dam fortdauernd verminderte, ward das Gefäfs gewogen, worin die Solution befand, und das Gewicht des Gefäfses und Salzes abgezogen. Bei manchen Solutionen findet vor dem Sa und während desselben ein *heftiges Stofsen* statt, wodurch Thermometer beträchtliche Schwankungen erleidet; Lens fand aber, dafs einige hineingeworfene Stücke Zink oder P dieses aufheben, und er bediente sich daher des ersteren talls, um dieses Hindernifs zu beseitigen, da ohnehin das in der Regel gar nicht angegriffen wurde. Bei der Bes mung der Siedehitze gesättigter Solutionen bemerkte Lens eine ähnliche Erscheinung, als welche sich beim Gefriere Wassers zeigt; die Temperatur wuchs bedeutend und sank fort herab, wenn ein Theil des Salzes niederfiel, worau dann constant blieb. Um das dieser Temperatur zugeh quantitative Verhältnifs der Sättigung zu finden, wurde w Wasser zugesetzt, die Temperatur der gesättigten Lösung der hergestellt und dann gewogen, zur Controle aber die Lösung erforderliche Quantität Salz und Wasser vereinigt, nachdem die vollständige Lösung durch steigende Hitze er war, abermals gewogen. Die so gefundene Temperatur zugleich hinreichen, um den Salzen ihr gesammtes Kry wasser zu nehmen. Zeichnet man graphisch die über Siedepuncte der reinen Wassers liegenden Grade des Cen malthermometers, welche dem Siedepuncte der Solutionen gehören, als Ordinaten, und die Procente der aufgelösten Sa mengen als Abscissen, so giebt die durch die Endpuncte zogene Linie die *Curve der Verzögerung des Siedepu* Von diesen Curven giebt es drei Arten; die eine ist von

er Krümmung, die beiden andern haben einen Wende-
:t, und zwar ist bei den einen die Krümmung anfangs
n die Axe der Abscissen, bei den andern gegen die der
naten gewandt. Die folgenden abgekürzten Tabellen ent-
n in der ersten Columne die Procente des aufgelösten
:s (pC.), in der zweiten zuerst die Temperatur, bei wel-
das reine Wasser siedete, und dann diejenige, bei welcher
Sieden der bezeichneten Solutionen statt fand (t'), in Cen-
ıalgraden.

Chlorstrontium.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0,0	100°,4	37,9	104°,4	68,9	110°,4	104,0	116°,4
16,7	101,4	48,8	106,4	79,6	112,4	110,9	117,4
25,2	102,4	59	108,4	91,2	114,4	117,5	118,25

Chlorcalcium.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,1	55,6	114°,1	104,0	130°,1	203,0	158°,1
16,5	102,1	61,6	116,1	117,2	134,1	221,6	162,1
25,8	104,1	67,6	118,1	129,9	138,1	241,9	166,1
32,6	106,1	73,6	120,1	142,8	142,1	264,2	170,1
38,5	108,1	79,8	122,1	156,2	146,1	288,5	174,1
44,0	110,1	86,0	124,1	170,5	150,1	314,8	178,1
49,7	112,1	92,2	126,1	186,0	154,1	325,0	179,6

Neutrales weinsaures Kali.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,3	82,3	104°,3	156,5	108°,3	237,9	112°,3
26,9	101,3	100,1	105,3	176,1	109,3	259,5	113,3
47,2	102,3	118,5	106,3	196,2	110,3	281,6	114,3
65,0	103,3	137,3	107,3	216,8	111,3	296,2	114,97

Kohlensaures Kali.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,3	65,9	108°,3	117,1	118°,3	167,7	128°,3
13,0	101,3	77,6	110,3	127,0	120,3	178,1	130,3
22,5	102,3	88,2	112,3	137,0	122,3	188,8	132,3
38,8	104,3	98,0	114,3	147,1	124,3	199,6	134,3
53,1	106,3	107,5	116,3	157,3	126,3	205,0	135,3

Digitized by Google

Salpetersaurer Kalk.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,1	71,8	108°,1	148,1	120°,1	274,7	140°,1
15,0	101,1	85,3	110,1	172,2	124,1	302,6	144,1
25,3	102,1	98,4	112,1	197,0	128,1	333,2	148,1
42,6	104,1	111,2	114,1	222,2	132,1	351,2	150,1
57,8	106,1	123,8	116,1	248,1	136,1	362,2	151,1

Essigsaures Natron.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,1	30,5	104°,1	83,4	112°,1	156,1	120°,1
9,9	101,1	42,9	106,1	98,8	114,1	179,3	122,1
17,6	102,1	55,8	108,1	115,8	116,1	204,5	124,1
24,1	103,1	69,2	110,1	134,9	118,1	209,0	125,4

Essigsaures Kali.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,2	85,3	112°,2	180,1	126°,2	436,9	150°,2
10,5	101,2	97,6	114,2	196,1	128,2	500,0	154,2
20,0	102,2	110,3	116,2	213,0	130,2	569,9	158,2
36,4	104,2	123,4	118,2	248,7	134,2	646,6	162,2
49,8	106,2	136,9	120,2	287,3	138,2	730,4	166,2
61,6	108,2	150,2	122,2	330,8	142,2	775,0	168,2
73,3	110,2	165,1	124,2	380,6	146,2	798,2	169,2

Chlornatrium.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,2	10,8	101°,7	23,1	104°,2	35,8	107°,2
4,4	100,7	13,4	102,2	27,7	105,2	39,7	108,2
7,7	101,2	18,3	103,2	31,8	106,2	41,2	108,6

Chlorkalium.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,25	13,2	101°,75	31,4	104°,25	50,5	107°,25
4,7	100,75	17,1	102,25	37,8	105,25	56,9	108,25
9,0	101,25	24,2	103,25	44,2	106,25	59,4	108,65

Chlorbaryum.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,2	19,6	101°,2	32,5	102°,2	56,0	104°,2
11,0	100,7	26,2	101,7	44,5	103,2	60,1	104,6

Digitized by Google

Kohlensaures Natron.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,0	14,4	101°,0	26,7	102°,0	44,7	104°,0
7,5	100,5	20,8	101,5	36,8	103	48,5	104,63

Phosphorsaures Natron[1].

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	99°,9	40,8	101°,9	76,4	103°,9	105,0	105°,9
21,0	100,9	59,4	102,9	91,5	104,9	112,6	106,5

Chlorsaures Kali.

t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t.
0°,2	14,64	101°,2	29,28	102°,2	43,92	103°,2	61,5	104°,4

Salpetersaures Kali.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,2	42,2	103°,2	93,2	106°,2	233,0	112°,2
2,2	101,2	59,6	104,2	140,6	108,2	283,3	114,2
6,4	102,2	78,3	105,2	185,9	110,2	335,1	116,1

Salpetersaures Natron.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,3	57,6	106°,3	120,3	112°,3	188,6	118°,3
8,7	102,3	77,9	108,3	142,4	114,3	212,6	120,3
7,9	104,3	98,8	110,3	165,2	116,3	224,8	121,3

Krystallisirtes salpetersaures Ammoniak.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t.
0	100°	114,9	110°	254,0	124°	1081,5	148°
10	101	142,4	112	440,2	128	1273,0	152
20,5	102	172,0	114	537,3	132	1504,0	156
42,4	104	204,4	116	645,0	136	1775,0	160
65,4	106	238,8	118	770,5	140	2084,0	164
89,4	108	275,3	120	915,5	144	unendl.	180

[1] In dem Zustande, wo es alles Wasser verloren hat, bis auf was es behalten mufs, um nicht pyrophosphorsaures Natron zu

Digitized by Google

Salmiak.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°	19,7	103°	35,7	106°	73,3	112°
7,8	101	25,2	104	47,3	108	88,1	114
13,9	102	30,5	105	59,9	110	88,9	114,2

Marx[1] fand, dafs bei 340 Lin. Barometerhöhe eine Lö
von salpetersaurem Natron, in Wasser von 16°,8 C. gesä
bei 101° C.; in Wasser von 56°,2 gesättigt bei 102°,2 und
siedendem gesättigt bei 121° siedete; gesättigte Kochsalzlö
erforderte 107°,4, eine bei 15° gesättigte Salpetersolution 10
und eine bei 100° gesättigte 112° C. zum Sieden. Hie
scheint indefs der Einfluss des 3 Lin. über dem Mittel be
genden Barometerstandes nicht berücksichtigt worden zu se

Der Ueberblick der hier mitgetheilten Gröfsen führ
Ganzen zu dem Resultate, dafs durch eine verhältnifsmä
beträchtliche Quantität Salz die Temperatur nicht eben bedeu
hinaufgerückt wird. Uebrigens sind diese Quantitäten be
verschiedenen Salzen sehr ungleich und liegen z. B. nach
Grand für eine Temperaturerhöhung von 1° C. zwischen
Maximum von 26,9 Procent beim neutralen weinsauren K
und dem Minimum von 7,7 Procent beim Chlornatrium.
stimmt dieses mit einer andern Erscheinung überein, näm
dafs der Siedepunct des absoluten Alkohols durch eine n
bedeutend grofse Menge beigemischten Wassers nach den
fahrungen von Tralles[2] nur unmerklich erhöht wird.

522) Die mit der gröfseren Sättigung steigende Hitze
Siedepunctes der Salzsolutionen war seit langer Zeit bek
weit weniger scheint dieses mit einer andern Erfahrung der
gewesen zu seyn, wonach die Hitze des aus ihnen aufstei
den Dampfes der des reinen Wasserdampfes vollkommen gl
ist. Rudberg[3] war wohl ohne Zweifel der Erste, wel
diesen wichtigen Satz aufstellte und durch entscheidende V

1 Schweigger's Journ. LVII. 402.

2 G. XXXVIII. 565.

3 Poggendorff's Ann. XXXIV. 257. Faraday behauptete sch
früher, der aus Salzsolutionen aufsteigende Dampf habe nur 100°
Wärme, s. Ann. de Chim. et Phys. T. XX. p. 325, allein man h
dieses nach der herrschenden Ansicht für irrig.

nügend begründete, denn im Allgemeinen scheint man
t der Voraussetzung begnügt zu haben, dafs der aus
üssigkeit aufsteigende Dampf mit dieser eine gleiche
tur habe, was auch aus den von ihm angeführten
ngen der bedeutendsten Physiker hervorgeht. Wenn
agt, dafs bei gleicher Wärme die Elasticität der Däm-
Salzsolutionen geringer sey, als die der reinen Was-
fe, so soll dieses heifsen, dafs z. B. bei der Siedehitze
pfe des reinen Wassers den atmosphärischen Luftdruck
den, was aber die der Solutionen nicht vermögen, da
nn noch nicht sieden. Gay-Lussac[2] meint, die
tur der Dämpfe sey die der obersten Lage der Flüs-
, und Pouillet[3] scheint seines tiefen Eindringens in
rmephänomene ungeachtet über dieses Verhalten des
mit sich selbst nicht im Reinen gewesen zu seyn.
G bediente sich zu seinen Versuchen eines gleichen
s, als wovon er zur Auffindung des Siedepunctes der
neter Gebrauch machte[4] und welcher hierzu ohne Wi-
vollkommen geeignet ist, verglich die unter ungleich-
uftdrucke erzeugten Dämpfe von reinem Wasser mit
mehr oder weniger gesättigten Lösungen des salpeter-
Kalkes, des Salpeters, des kohlensauren Kali's und des
n Kalkes, reducirte die gemessenen Temperaturen auf
eichen Barometerstand von 0,76 Meter bei 0° Tempe-
nd gelangte dadurch zur Begründung von folgendem
n Satze: *der Dampf, welcher aus einer siedenden*
ng aufsteigt, hat durchaus dieselbe Temperatur, als
r gleichem Luftdrucke aus reinem siedenden Wasser

---

raité cet. T. I. p. 285.

eçons de Physique. T. I. p. 416. Ann. de Chim. et Phys.
p. 394.

lémens de Physique cet. 2me éd. T. I. p. 360; die Stelle steht
ler 1sten Aufl. T. I. p. 356. „Ainsi dans la dissolution de sel
, par exemple, la vapeur qui se forme pendant l'ébullition,
température de 109° C. et sous la pression de 0m,76; c'est-
ne sa tension n'est pas au Maximum, ou plutôt sa tension est
ium dependant de son contact avec la dissolution et moindre
aximum absolu." In der 3ten Auflage fehlt diese Stelle, und
ien wird gesagt, dafs der Dampf der Solutionen reiner Was-
und von diesem nicht verschieden sey.

Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 898. Fig. 86.

Digitized by Google

entwickelte Dampf, um wie viele Grade die Temperatur Lösung vermöge der Menge und Natur des Salzes auch h seyn möge. Eine weitere Untersuchung, welche Rudberg hi knüpft und durch eine neue Versuchsreihe zu begründen spricht, läfst sich wohl aus theoretischen Gründen als macht betrachten. Der bei gleicher Temperatur und unter chem Luftdrucke aus nicht siedenden Salzsolutionen aufsteig Dampf ist kälter und weniger elastisch, als der von r Wasser gebildete. Dieses geht aus der einfachen Betrach hervor, dafs zwar das reine siedende Wasser eine nahe gl Temperatur hat, als der aus ihm gebildete Dampf, die Sa lution dagegen bedeutend heifser ist, gleichen Luftdruck ausgesetzt. Wenn daher beim Sieden der Dampf aus b Flüssigkeiten gleiche Temperatur und Elasticität hat, die W der Solution aber nach dem Grade der Sättigung bedeutend her ist, so müssen die aus beiden gebildeten Dämpfe von gleicher Temperatur und folglich auch Elasticität seyn, a die Wärme beider gleich ist.

523) Steht die Erfahrung hierüber einmal fest, so ist nächste Aufgabe, dieses allerdings etwas auffallende Verhalt bekannten Naturgesetzen in Einklang zu bringen; denn es auffallend seyn, dafs der Dampf der Solutionen eine gr Temperatur hat, als jene selbst, aus denen er aufsteigt, von denen er daher eine mit ihnen gleiche Wärme anz sollte, wie dieses beim reinen Wasser der Fall ist. Es sich zuvörderst wohl auf keine Weise annehmen, da Dampf der Salzsolutionen, so lange er sich in diesen Flü heiten befindet und während er in ihnen aufsteigt, wa warm seyn sollte, als diese selbst, auch müfste man di einem Thermometer wahrnehmen, wenn dieses in eine m Grade über 100° C. heifse siedende Flüssigkeit getaucht w ner aufsteigenden grofsen Dampfblase momentan ganz u würde. Der Dampf hat also in der Solution selbst die e eigenthümliche Wärme, verliert diese aber augenblicklich, s er die Flüssigkeit verläfst, und nimmt diejenige an, welche jedesmaligen Luftdrucke zugehört. Eine solche augenbl eintretende Abnahme hat nichts Naturwidriges und zeig auch in der allgemein statt findenden Niederschlagung Theils des aus den siedenden Flüssigkeiten aufsteigenden D pfes, welcher in Dunst verwandelt aufzusteigen pflegt.

wiesen, dafs der aus Solutionen gebildete Dampf reiner
mpf ist, so mufs er auch ganz die diesem zukommende
t und Dichtigkeit haben, welche beide bei gleichem
rischen Drucke lediglich durch die Wärme bedingt
und bei der durch gleichen Druck bedingten gleichen
t mufs daher auch die Temperatur des Dampfes aus
onen der des reinen Wasserdampfes gleich seyn.
r erstere wärmer, so wäre er auch elastischer; er
n äufseren Druck überwinden, sich mehr expandiren
rch bis auf die normale Temperatur herabsinken. Die
mmt also darauf zurück, wie es zugehe, dafs der in
onen gebildete Wasserdampf in der Flüssigkeit nicht
fsteigt, oder dafs diese letztere nicht siedet, bis sie
r Concentrirung proportionale höhere Temperatur an-
n hat. PRECHTL[1] bemüht sich zu zeigen, dafs das
UDBERG nachgewiesene Verhalten der Dämpfe des
und der Salzsolutionen aus der bis dahin bekannten
der Dampfbildung folge, und auch mit dem von DAL-
estellten *Gesetze*[2] übereinstimme, wonach für gleiche
uren über oder unter dem Siedepuncte den Dämpfen
ssigkeiten gleiche Elasticitäten zugehören, POGGEN-
dagegen bestreitet dieses. Allerdings ist das durch
aufgefundene Verhalten der Dämpfe aus den ange-
Gründen mit der Theorie übereinstimmend, sobald man
charf ins Auge fafst, dafs Elasticität und Dichtigkeit
erdampfes ausschliefslich durch die Temperatur bedingt
der Dampf der Salzsolutionen aber reiner Wasserdampf ist;
enso unbestreitbar steht fest, dafs man vorher anderer
war, und die Thatsache erst durch RUDBERG aufge-
wurde, bevor man sie mit der Theorie der Dämpfe im
erkannte. Sehr richtig bemerkt PRECHTL, dafs die

---

ggendorff's Ann. XXV. 119. 620.

rgl. *Dampf.* Bd. II. S. 354. PRECHTL ist geneigt, die Gültig-
s Gesetzes im Allgemeinen anzunehmen, und zeigt diese in
ndung auf die Dämpfe des Schwefeläthers; allein bei einigen
ten zeigt sich dasselbe allerdings anwendbar, bei andern da-
ht. Gegen die Gültigkeit dieses Gesetzes erklärt sich aufser-
in Schweigger's Journ. LXII. 486 und AVOGADRO in Poggen-
m. XXVII. 76.

Anmerkungen zu den angegebnen Stellen.

Digitized by Google

Dämpfe von Alkohol, Terpentinspiritus u. s. w. gleiche
peratur mit den Flüssigkeiten haben, aus denen sie g
werden, dafs sie aber zugleich nach der Condensation
zu diesen Flüssigkeiten werden, statt dafs die Dämpfe de
solutionen nicht diese, sondern reines Wasser geben und
daher auch nur wie Wasserdämpfe verhalten können.

So viel mir bekannt, ist noch keine Erklärung dies
neuerdings näher untersuchten Verhaltens gegeben worden,
wird daher erlaubt seyn, auf einige Puncte aufmerksam zu m
die hierbei in Betrachtung kommen. Nicht unbeachtet d
Umstand bleiben, dafs alle im Wasser nicht auflösliche
in kleineren oder gröfseren Massen das Sieden des W
erleichtern (§. 519). Alle diese Substanzen zeigen die
thümlichkeit, dafs sie das an ihnen hängende und selbst
ihre Poren eingedrungene Wasser mehr oder minder leic
dunsten lassen, d. h. die äufsere einwirkende Wärme v
sich damit, verwandelt es in Dampf und entzieht es i
diese Weise. Ganz diesem entgegengesetzt ist das
der Salze, zwar der einen mehr als der andern, im Ga
haben sie alle, sofern sie im Wasser auflöslich sind, e
kere Anziehung zu diesem, als die nicht auflöslichen
sie ziehen den Wasserdampf aus der Luft bei mittlerer
tigkeit an, statt dafs die unauflöslichen Körper ihn
und zwar oft mit solcher Gewalt, dafs sie dadurch
Wird dann ihren Lösungen im Wasser Wärme zuge
ist die der Siedehitze des Wassers zugehörige Menge
die wir durch T bezeichnen wollen, erforderlich, um
wandlung in Dampf zu bewirken, aufserdem mufs
eine gewisse Quantität Wärme, welche t heifsen mö
kommen, um die Verwandtschaft des Wassers zu ihne
heben und dieses von ihnen loszureifsen, so dafs
punct T + t seyn mufs. Der Werth von T ist
Barometerstand bedingt, die Gröfse t dagegen hängt
Beschaffenheit des Salzes und der Quantität ab, in w
dem Wasser zugesetzt ist, vollständige Lösung desse
ausgesetzt.

524) In sehr nahem Zusammenhange hiermit
andere Aufgabe, nämlich über die Siedehitze gemischter
keiten und die Temperatur des aus ihnen beim Sieden
genden Dampfes. Die Beantwortung dieser Frage ist

lenge meistens unüberwindlicher Schwierigkeiten ver-
worin wohl der Grund liegen mag, dafs hierfür bisher
geschehen ist. Von den zwei vereinten Flüssigkeiten[1]
ts die eine leichter als die andere, und obgleich die
Dämpfe in der Regel aus beiden zusammengesetzt
ehalten sie doch das quantitative Mischungsverhältnifs
gkeit nicht auf die Dauer, sondern von der einen ver-
ehr, als von der andern, und die Beschaffenheit der
Flüssigkeit ändert sich daher in jedem Augenblicke; die
werden hierdurch verschieden, und ohne sehr zusam-
te Messungen kann man nicht wissen, welchen
verhältnissen sie zugehören. Wir müssen uns also
ng auf diese Aufgabe mit den wenigen bis jetzt be-
ordenen Thatsachen begnügen.

len sich zwei Gasarten in einem begrenzten Raume
ist ihre Elasticität der Summe der Elasticitäten bei-
. Eben dieses findet statt, wenn eine Gasart mit
reint wird, namentlich ist es der Fall bei den Ver-
von Luft und Wasserdampf[2], und so läfst sich
Analogie nach schliefsen, dafs sich bei gemischten
das nämliche Verhalten zeigen werde. Aus meinen
über die Vereinigung verschiedener Dämpfe[3] geht
or, dafs, wenn zwei Arten Dampf von den Spannungen
in einem abgeschlossenen Raume vereinigt werden,
nschaftliche Spannung nicht $= p + p'$, sondern um
eutende Kleinigkeit geringer sey. Das Gegentheil fand
ac[4] rücksichtlich der vereinten Quantitäten; denn
C. und 0,76 Meter Luftdruck 1 Gramm Wasser 1,696
of giebt, eine gleiche Menge absoluter Alkohol aber
, so mufsten beide vereint $\frac{1,696 + 0,659}{2} = 1,178$
Gramm der Mischung beider geben, wogegen die
1815 zeigte. Wurden 1 Th. Wasser und 2 Th. ab-
ohol gemischt, so mufste 1 Gramm der Mischung

Erscheinungen, welche mehrere vereinte Flüssigkeiten dar-
bis jetzt noch gar nicht eigentlich untersucht worden.
. Art. *Gas.* Bd. IV. S. 1034.
kalische Abhandl. Giefs. 1816.
de Chim. T. XCV. p. 314. Biot traité. T. I. p. 298.

Digitized by Google

$\frac{1,696 + 1,318}{3} = 1,005$ Liter Dampf geben, der Versuch aber 1,0056 Liter. Welches von diesen Resultaten das sey und ob nicht vielmehr die Wahrheit zwischen beiden lern in der Mitte liege, läfst sich ohne neue Versuche entscheiden. Der Analogie nach, sofern fast ohne alle bedingte seltene Ausnahmen alle vereinte Körper auf gegenseitige Anziehung verdichten, ist auf jeden Fall wahrscheinlich, dafs eine Vergröfserung des Volumens Vereinigung von Dämpfen eintreten sollte, und wir können mit genügender Annäherung annehmen, dafs die Elasticität mischter Dämpfe im unveränderten Raume höchstens der ihrer beiderseitigen Elasticitäten gleich sey. Hiermit ist ein anderes Resultat, welches uns der eigentlich liegenden Aufgabe näher bringt. Befindet sich im Torricelli Vacuum über dem Quecksilber eine leichter siedende keit, ist also der leere Raum mit dem der statt findenden peratur proportional dichten Dampfe erfüllt, und läfst das Quecksilber eine schwerer siedende, mit der leichter bare Flüssigkeit aufsteigen, so vermindert sich der füllte Raum. Die Ursache hiervon liegt nicht fern; die leichter siedenden Flüssigkeit hinzutretende schwerer Flüssigkeit verändert den früher tiefer liegenden Siedepunct ihn höher hinauf und vermindert dadurch die Elasticität bereits gebildeten Dampfes. Eben dieser Erfolg tritt ein das Torricelli'sche Vacuum mit Wasserdampf erfüllt ist dem nicht verdampften Antheile Wasser ein auflösliches oder eine Salzsolution gebracht wird.

525) Eben so einfach und genau hiermit übereinstimmend sind die Erscheinungen, welche sich beim Sieden von Flüssigkeiten zeigen. Gay-Lussac[1] äufsert sich hierüber allgemeinen Ansicht gemäfs, indem er sagt: der Siedepunct Gemenges zweier flüchtigen Flüssigkeiten, welche keine sche Einwirkung auf einander äufsern, kann variiren, im Allgemeinen eingeschlossen zwischen zwei Grenzen zwischen dem Siedepuncte der flüchtigsten Flüssigkeit Temperatur, bei welcher die Summe der Spannkräfte der

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIX. p. 393. Poggendorff XXV. 498.

Digitized by Google

Flüssigkeiten gleich ist dem Druck der Atmosphäre. nn dieses nicht wohl anders verstehn, als dafs die Tem- des Siedepunctes der flüchtigsten Substanz die unterste bilde, also das Sieden bei einer Temperatur statt finde, n diese allein vorhanden wäre, von hier an aber nach antitativen Verhältnisse und der Beschaffenheit der bei- ten Flüssigkeit stets höher hinaufrücke. Der Zusatz, : Flüssigkeiten keine chemische Wirkung auf einander sollen, darf nicht unbeachtet bleiben; es ist aber eine ichte Aufgabe, zu entscheiden, ob bei solchen Flüssig- die sich sehr innig mit einander verbinden, z. B. beim st und Wasser, überall keine chemische Einwirkung de, die übrigens dann in ihren Folgen sich zeigen wenn die Beschaffenheit beider vereinter Flüssigkeiten entliche Veränderung erleidet. Ist die ausgesprochene richtig, dafs hiernach die niedrigste Temperatur oder die Grenze des Siedens diejenige sey, bei welcher die flüch- bstanz siedet, wie dieses namentlich bei einem Ge- s Alkohol und Wasser der Fall ist, dessen Siedehitze des absoluten Alkohols bis zu der des reinen Wassers kt, so können die durch Liebig[1] gemachten Erfahrun- t anders, als für Anomalieen gelten. Er fand nämlich, Oel, welches aus einer Verbindung gleicher Volumina r und ölbildendem Gase entsteht, für sich bei 82°,4 C. it Wasser vereint aber nie eine höhere Temperatur erreicht, und ebenso siedet Chlorkohlenstoff für sich , mit Wasser gemischt aber bei 57°,3. Dieses abwei- erhalten verdient eine nähere Untersuchung, und na- müfste erforscht werden, von welcher Beschaffenheit den gebildeten Dämpfen niedergeschlagene Flüssigkeit [2].

---

ggendorff's Ann. XXIV. 277.

verdient bemerkt zu werden, dafs Gay-Lussac a. a. O. die- at mit dem von ihm aufgestellten Gesetze übereinstimmend rmuthlich geht er davon aus, dafs die Summe der Spann- Dampfes von Chlorkohlenstoff und von Wasser, beide bei Spannung der Luft unter 0,76 Meter Druck gleich seyn und Sieden erfolgen könne; allein dann müfste auch der Siede- gemischten Alkohols unter dem des reinen Alkohols und rdünnten Schwefelsäure unter dem des reinen Wassers liegen.

Digitized by Google

526) Eine in diesem wenig bearbeiteten Felde sehr bare Untersuchung hat Magnus[1] mitgetheilt. Zuerst er das eben aufgestellte Gesetz von Gay-Lussac, aber so, dafs der niedrigste Kochpunct gemischter Flüs derjenige seyn soll, welcher durch die Summe der des Dampfes beider gegeben wird, der höchste aber welcher der flüchtigsten unter ihnen zugehört, seine aber ergaben, wie leicht begreiflich, das Gegentheil. Methode wird nicht im Einzelnen beschrieben; ist es Zweck, durch Versuche dieser Art völlig scharfe Re erhalten, so wird ein solcher Apparat erfordert, als Rudberg (§. 522) bediente, und es würde zugleich mäfsig seyn, denselben auf eine solche Weise abzuän das Thermometer abwechselnd dem Dampfe ausgesetzt die Flüssigkeit selbst herabgelassen werden könnte. Fall mufs der Dampf, namentlich der von leicht sied sigkeiten, zusammengehalten und gegen äufsere Abkü schützt werden, wenn man seine Temperatur ge will. Bei Mischungen von Wasser mit flüchtigen Schwefelkohlenstoff war die Temperatur des Siedepunc etwas höher, als die Wärme der am leichtesten Flüssigkeit, und blieb ungeändert, so lange noch ein letztern vorhanden war. Die Temperatur des Dampfe sich stets etwas niedriger, als die der siedenden Flü und blieb gleichfalls unverändert, so lange die eben Bedingung noch statt fand. Eine Mischung aus frisch cirtem Terpentinspiritus und Wasser siedete unter 0,7 Luftdruck bei 102° C., der Dampf zeigte aber nur Schwefelkohlenstoff und Wasser siedete unter 0,750 Luftdruck bei 47° C. und der Dampf zeigte 43°,5. argumentirt ganz richtig, aber der Ansicht Gay-Lussac seiner Deutung derselben zuwider, dafs das Sieden nicht eintreten könne, als bis die Dämpfe des flüchtigsten die erforderliche Spannung erhalten hätten, um den zu überwinden. Bildet die flüchtigste Substanz die Schicht, so kommt der Druck der Wasserschicht nach welcher aufser dem Luftdrucke überwunden werden mu die Temperatur des Siedens war auch bei den genann

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 481.

Digitized by Google

ngefähr diejenige, welche dieser Summe zugehörte. Schicht mufs nothwendig die Temperatur der unteren aben, weil sonst die aus der letzteren aufsteigenden en abgekühlt werden müfsten und nicht aufsteigen weswegen die Mischung im Ganzen nahe genau die puncte der flüchtigern zugehörige Temperatur annimmt. e Dampfblasen durch die obere Flüssigkeit, so neh- von dieser solchen Dampf auf, welcher eine ihrer ır angemessene Spannung hat, und es tritt also das 524) angegebene Verhalten gemischter Dämpfe ein, in den Versuchen von Magnus auch dadurch zeigte, dem aufsteigenden Dampfe Schwefelkohlenstoff und edergeschlagen wurde, so lange noch Schwefelkohlen- anden war; nach dem Verschwinden des letzteren r das Sieden auf, die Wärme der Flüssigkeit stieg, ing kein Destillat mehr über. Nach der richtigen, ıer anerkannten, Theorie war die Wärme der oberen ets etwas höher, als die Temperatur des Siedepunctes en flüchtigeren Schicht, selbst als eine sehr dünne Lage ohlenstoff sich unter einer drei Zoll hohen Wasser- efand. Bildet die leichter siedende Flüssigkeit die ıicht, so siedet sie, als wäre sie unabhängig von der doch giebt es solche, sich nicht mischende Flüssig- hr wenige, und die Versuche konnten daher nur mit ıer und Wasser oder Oelen oder mit Wasser und ıcine angestellt werden, welche letztere, wie für sich ıren Kochpunct stets änderte.

l die vereinten Flüssigkeiten mit einander mischbar, so ich der Siedepunct stets, und die erzeugten Dämpfe in anderes Mischungsverhältnifs, als die Flüssigkeiten; ın auch letzteres von der Art seyn, dafs beide einan- ch sind. Magnus glaubt daher, dafs die Mischung ein neu entstandenes homogenes Ganzes zu betrachten l sonst die niedergeschlagenen Dämpfe dasselbe wieder- üfsten, sondern dafs beide eine gegenseitige Anziehung nder ausüben, in deren Folge die flüchtigere verhindert chon durch diejenige Wärme zum Sieden gebracht zu bei welcher sie für sich allein siedet. Dafs eine solche der minder starke Anziehung existire und auf die ildung einen Einfluſs ausübe, läfst sich nach der Ana-

Digitized by Google

logie mit ähnlichen Erscheinungen und nach bekannten
rungen nicht in Abrede stellen; denn ebenso, wie aufgelöst
den Siedepunct des Wassers höher hinaufrücken, ist dies
der Fall bei Alkohol durch einen Zusatz von Wasser. M
wiederholte auch die früher von Andern angestellten Ve
gemischte Dämpfe in das Torricelli'sche Vacuum zu br
Bei 17°,5 liefs er Schwefeläther durch das Quecksilber i
Barometerröhre aufsteigen und brachte, nachdem das Ma
der Spannung eingetreten war, etwas Alkohol hinzu, w
die Elasticität des Aetherdampfes sich verminderte und
Vermehrung des Alkohols fast bis zu derjenigen her
welche den Dämpfen des letzteren bei der gegebenen T
ratur zugehört. Dieselben Erscheinungen zeigten sich,
statt des Alkohols Terpentinspiritus und statt des
Schwefelkohlenstoff oder Caoutchoucine angewandt wurde
bei ist aber erforderlich, dafs von beiden Flüssigkeiten,
ihren Dämpfen, noch Theile im tropfbar-flüssigen Z
vorhanden sind.

527) Ueberblicken wir nochmals das Ganze, so
sich darbietenden Phänomene allerdings sehr verwickelt,
es bieten sich dennoch einige Anhaltpuncte dar, die z
leichterung der genaueren Kenntnifs der Sache dienen k
Vor allen Dingen dürfen wir das Verhältnifs der Spa
der vereinten elastischen Flüssigkeiten und der Räume,
einnehmen, nicht unberücksichtigt lassen. Bringt man
unter atmosphärischem Drucke Wasserdampf in einen ver
senen Raume, so wird ohne Aenderung der Tempera
Elasticität des Gemenges um ebenso viel steigen, als d
lumen desselben bei unverändertem äufserem Drucke sich
gröfsern würde. Ist diese Vergröfserung des Volumens
treten, so nimmt man gewöhnlich an, die Elasticität de
sey um so viel vermindert, als die hinzugekommene Dam
pfes betrage, so dafs, wenn letztere p', die gesammte E
tät aber P genannt wird, die Elasticität der Luft $= P - p'$
sey, woraus $p + p' = P$ oder der Satz folgt, dafs der ge
Druck der Summe der beiden Pressungen gleich sey. D
Gesetz wird aber sehr durch die Rücksicht auf den Ra
dingt. Denkt man sich nämlich bei unverändertem Raum
den Wasserdampf weggenommen und durch ein kleines
men eines festen Körpers ersetzt, so würde die rückbleib

enbar dem Drucke der äufseren atmosphärischen wider-
ınd eben dieses würde beim Wasserdampfe statt finden
wenn man den Raum der Luft durch einen festen
zu ersetzen vermöchte; beide müssen daher eine der
gleiche Spannung haben. Auf dieses Verhalten grün-
LTON das nach ihm benannte Mischungsgesetz expan-
lüssigkeiten[1], wobei er jedoch übersah, dafs die verein-
ischen Flüssigkeiten durch gegenseitige Anziehung ihrer
e überall gleichmäfsig gemischt sind. Soll der Dampf
fseren Drucke widerstehn, so mufs er nothwendig die
Drucke zugehörige Temperatur haben. Am deutlichsten
ch dieses beim Wasserdampfe, dessen Temperatur bei
dertem Luftdrucke so constant ist, dafs sie mit absolu-
erheit zur Bestimmung des Normalpunctes der Thermo-
ienen kann, und es würde dieses sich auf gleiche Weise
Dämpfen aller einfachen Flüssigkeiten zeigen, wenn
der Mühe werth gehalten hätte, gleich genaue Unter-
en hierüber anzustellen. Da beim Processe des Siedens
mpfe frei aufsteigen und dabei den atmosphärischen
iberwinden sollen, so müssen sie bei ihrem Entstehen
ıdig die dieser Elasticität zugehörige Temperatur haben,
mufs aber noch etwas erhöhet werden, weil aufser dem
ıärischen Luftdrucke noch derjenige überwunden werden
welchen die Flüssigkeitsschicht darbietet. Ist demnach
lehitze des Dampfes = T, so mufs die der Flüssigkeit
·t seyn, wie RUDBERG[2] genügend auseinandergesetzt
3eim Wasser und bei anderen nicht minder flüchtigen
ıeiten ist der Werth von t sehr unbedeutend; denn theils
Gewicht der zu hebenden Schicht an sich nur gering,
olgen die aufsteigenden Dampfblasen einander so schnell,
egen der fortdauernden Bewegungen der Flüssigkeit ihr
fast gänzlich verschwindet, weswegen auch die Wärme
mpfes und die der oberen Flüssigkeitsschichten nicht
h verschieden sind. Sind Salze im Wasser aufgelöst,
ı der aufsteigende Dampf, um dem äufseren Luftdrucke
erstehn, die Siedehitze des reinen Wasserdampfes haben,
hätzbare, durch RUDBERG fest begründete Erweiterung

S. Art. *Atmosphäre*. Bd. I. S. 488.
Poggendorff's Ann. XL. 52.

Digitized by Google

unserer Kenntnisse über das Verhalten der Dämpfe; die T
peratur der Auflösung mufs $= T + t + t'$ seyn, wozu
Ueberwindung der Kraft gehört, womit die Flüssigkeit
das Salz angezogen wird, und wenn man $T + t + t' = T$
so ist die Temperatur des Dampfes $= T' - (t' + t)$ oder
verschwindend klein angenommen) $= T' - t'$. Sind zwei
sigkeiten vereint, die sich nicht mit einander vermischen
bin ich der Ansicht, dafs der Dampf derselben diejenige
haben müsse, welche der Dampf der flüchtigsten unter
erfordert, um dem atmosphärischen Drucke zu widerstehen
nen wir die Siedehitze der leichter siedenden Flüssigkeit
ist die Temperatur des Dampfes $= \Theta - (t + t')$, und in
sem Falle t' verschwindend klein ist, so wird für den Fall
die flüchtigere Substanz sich oben befindet, also für ein
falls verschwindendes t, die Hitze des Dampfes $= \theta$ d
auf eine Kleinigkeit der siedenden Flüssigkeit gleich
den Fall aber, wenn die leichter siedende Flüssigkeit
Schicht bildet, mithin nicht blofs der Druck, sondern
Zusammenhang der oberen Schicht überwunden werden
also t einen gröfsern Werth erhält, ist die Siedehitze
Flüssigkeit $= \Theta + t$, die des Dampfes dagegen $= \Theta$. Sind
Flüssigkeiten mischbar, so müfste die Temperatur des
ten Dampfes $= \Theta$ seyn, d. h. diejenige, bei welcher der
der flüchtigsten dem atmosphärischen Drucke zu widerstehen
vermag, die der siedenden Flüssigkeit aber $= \Theta + t'$, wo
als unbedeutend vernachlässigt wird. Dabei wäre dann
zugleich mit bestehende Dampf der minder flüchtigen Flüs
keit in einem gleichen Zustande befindlich zu betrachten
der mit atmosphärischer Luft verbundene Wasserdampf,
könnte man den von ihm eingenommenen Raum durch
indifferenten festen Körper ausfüllen, so würde der Dam
leichter siedenden Flüssigkeit für sich allein dem atmosphä
schen Drucke widerstehen müssen. Hierbei wächst die
t' mit der verhältnifsmäfsig grofsen vorhandenen Menge
schwerer siedenden Flüssigkeit; denn es ist ein bekannter
turgesetz, dafs gröfsere Massen gegen verhältnifsmäfsig
eine stärkere Anziehung ausüben. So verbreitet sich ein
Tropfen Oel über eine grofse Wasserfläche, die letzten
Wasser sind nur mit grofser Mühe vom Quecksilber zu
u. s. w. Aus dieser Ursache wird erklärlich, warum

Digitized by Google

s (§. 521) ein kleiner Zusatz von Wasser den Siede-
s Alkohols nur wenig erhöht, bei vorhandner gröfserer
teigt derselbe aber allmälig bis zu dem, welcher dem
Vasser zukommt. Hiernach kann der Siedepunct ver-
lüssigkeiten nie tiefer liegen, als der, welcher der
ten angehört, und die von Liebig beobachteten Er-
gen sind also ganz eigentliche Anomalieen, deren Er-
grund erst gesucht werden mufs, wenn wir nicht an-
wollen, dafs eben durch die Einwirkung der Wärme
te, leichter siedende Flüssigkeit gebildet wird. Läfst man
zu dem im Torricelli'schen Vacuum befindlichen Dampfe,
sich noch über seiner Flüssigkeit befindet, eine andere,
terer mischbare Flüssigkeit aufsteigen, so bildet sich
nischter Dampf, dessen Elasticität einer Temperatur
sigkeit $= \Theta + t'$ zugehört. Hatte der einfache Dampf
liejenige Elasticität, welche der Temperatur Θ' zugehörte,
gt er jetzt eine der Temperatur $\Theta' - t'$ zugehörige; er
her minder elastisch werden, also der von ihm einge-
ne Raum sich vermindern. Die meisten dieser Sätze
n mit bekannten Erfahrungen überein, andere aber, na-
h die Temperaturen der Dämpfe gemischter Flüssigkeiten
nd, verdienen erst durch genaue Versuche näher geprüft
den.

8) Es war bereits oben (§. 521) von dem *heftigen Sto-*
e Rede, welches Salzsolutionen vor und nach dem an-
nen Sieden zeigen und man durch hineingeworfene
Metall zu beseitigen pflegt. Die Sache ist allgemein
t, ich selbst habe die Erscheinung oft wahrgenommen,
r dann, wenn das Sieden noch nicht begonnen hatte und
twas unaufgelöstes Salz vorhanden war; nach eingetrete-
eftigen und anhaltenden Sieden fand dasselbe nicht mehr
ar aber in einem Falle einst so stark, dafs ein auf einer
latte stehendes Medicinglas hoch in die Höhe geschleu-
urde und zerbrach. Gay-Lussac[1] war wohl der Erste,
r in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker auf
Detonation der Dämpfe (*Soubresôt*) lenkte und eine Er-
g davon gab. Das Phänomen zeigt sich nach seiner Er-
g dann, wenn die ruhigen Flüssigkeiten ohne aufsteigende

[1] Ann. de Chim. et Phys. 1818. Mars.

Digitized by Google

Dampfblasen über ihren Siedepunct erhitzt werden, und
mentlich sind die Stöfse bei der Schwefelsäure so heftig,
eine Destillation derselben ohne Gefahr, den Apparat zer
mert zu sehen, nicht bewerkstelligt werden kann. Gay-L
fand aber sofort das genügende Mittel auf, diesem Uebel
ständig zu begegnen, denn als er einige Stücke Platin
hineinwarf, ging die Destillation ruhig von statten. Die
haben eine auffallende Aehnlichkeit mit den oben (§. 51
wähnten, von mir beobachteten, die sich an die Erscheinung
des sogenannten Simmerns anreihen lassen. Magnus[1]
bei seinen erwähnten Versuchen ein diesem ähnliches, wo
gleiches, Phänomen wahr, und seine Erfahrung kann
schätzbarer Beitrag zur Erklärung desselben dienen. Es
sich häufig dann, wenn die leichter siedende Flüssigkeit
unterste Schicht bildete, und war von solcher Heftigkeit,
oft der Versuch unterbrochen werden mufste, um das Zer
mern des Gefäfses zu verhüten. Er brachte darauf die
eines Thermometers dicht unter die oberste Flüssigkeit
sah dann das Thermometer vor dem Stofse um mehrere,
3° bis 5°, je sogar 10° C. über den Kochpunkt der
Flüssigkeit steigen, bis eine starke Dampfblase heftig die
Schicht durchbrach und das Thermometer wieder auf den
depunct der unteren Flüssigkeit herabsank, worauf es
lange erhielt, als die Dämpfe ungehindert aufstiegen. H
glaubt er, dafs die Dampfbildung durch den Zusammenhang
oberen Schichten gehindert wird, selbst wenn die Temp
weit über den Siedepunct hinausgerückt ist, bis der
Dampf den Zusammenhang gewaltsam durchbricht. B
sich in der Flüssigkeit ein Platindraht oder nur ein Eisen
selbst wenn dieser nicht in die obere Schicht hinaufragt,
det das Stofsen nicht statt, und wenn auch die obere S
aus dickem, ohne Draht nicht zum Sieden zu bringenden
pentinöl besteht. Man mufs sich indefs hüten, den Dra
mittelbar vor dem Sieden in die Flüssigkeit zu werfen,
diese sonst mit Heftigkeit aus dem Gefäfse geschleudert

Ob die Ursache dieses Phänomens ohne weitere M

---

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 491.

2 Legrand §. 517 fand Zink und nächstdem Eisen am
samsten.

loſs in dem Zusammenhange der oberen Flüssigkeit liege,
durch die Thatsache zweifelhaft werden, daſs es durch
bloſs von der unteren Schicht umgebenen, in die obere
cht hinaufragenden Draht aufgehoben wird, welcher doch
glich den Zusammenhang der oberen, ohne sie zu berüh-
erringern oder aufheben kann. Noch kommt das Argu-
hinzu, daſs sich das Stoſsen auch bei Salzsolutionen,
hwefelsäure und sonstigen Flüssigkeiten zeigt, wo keine
iber einander gelagerte Schichten vorhanden sind. Aller-
muſs der Zusammenhang der oberen Schichten unterbro-
werden, mögen diese aus einer gleichartigen Flüssigkeit
en, wie bei Salzsolutionen, oder aus einer ungleichartigen,
i den Versuchen von Magnus, allein das Phänomen ist
zusammengesetzter. Die Flüssigkeiten sind, wie Magnus
cklich bemerkt, vor dem Stoſsen in vollkommner Ruhe,
s bildet sich plötzlich eine groſse Dampfblase, die den
n Stoſs erzeugt. Offenbar sind also die Theilchen der
gkeit in festem Zusammenhange und dieser hindert die
g des Dampfes, welcher aber, plötzlich in bedeutender
sich losreiſsend, den Stoſs durch Ueberwindung des
standes der oberen Flüssigkeitsschicht erzeugt. Ist ein
draht vorhanden, so nimmt dieser die bestehende Wärme an,
bilden sich aus den ihn berührenden Theilen der Flüs-
allmälig kleine Dampfblasen, welche aufsteigen und den
menhang der oberen Schicht mit Leichtigkeit durchbrechen.
erwogen genügt dieses zwar, um die Trennung des Zu-
nhanges der oberen Schichten durch die kleineren auf-
den Dampfblasen zu erklären und die Möglichkeit nach-
en, daſs hierdurch das Stoſsen verhütet werde, welches
nur in Folge groſser und plötzlich sich erhebender
blasen eintritt, keineswegs ist aber bisher ein befriedigender
angegeben worden, aus welchem die Heftigkeit des Stoſsens
upt abzuleiten wäre; denn wenn wir uns auch den Zu-
nhang der oberen Schichten noch so stark vorstellen, so
doch das Durchbrechen derselben unmöglich eine solche
ng erzeugen, als man in der Heftigkeit der Stöſse ge-
Diese Schwierigkeit dürfte aber wegfallen, wenn man
die merkwürdigen, durch Clement[1] zuerst beachteten

[1] Vergl. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 679.

Digitized by Google

Erscheinungen erinnert. So wie hierbei der äufsere Luftdruck selbst Metallplatten mit grofser Heftigkeit gegen die Oeffnung treibt, aus welcher die Luft oder der Dampf fortwährend ausströmt, mufs derselbe auch die Flüssigkeit in den Raum hineinstofsen, aus welchem die grofse Luftblase aufgestiegen ist, zwar mit noch gröfserer Gewalt, weil der heifse Dampf seine Wärme abgiebt, und daher das Vacuum ungleich stärker wird als durch die rasche Bewegung der Luft bei jener Erscheinung. Obendrein kommt noch der Umstand hinzu, dafs die Dampfbildung an der Stelle, von wo die Blase aufsteigt, momentan aufhört und die dadurch über den Siedepunct der Flüssigkeit erhitzte Stelle, wie im Leidenfrost'schen Versuche (§. 271.), neuen Dampf weiter erzeugt, dagegen den vorhandenen durch höhere Wärme stärker ausdehnt, bis der heftige Stofs die Flüssigkeit mit ihr wieder in Berührung gebracht hat.

529) Dieses Phänomen hängt mit einem andern zusammen, welches hier sofort zur Untersuchung kommen möge. Es ist nämlich eine bekannte Sache, dafs Flüssigkeiten, vorzüglich flüchtigeren, in einem offenen weiten Gefäfse bei weit niedrigeren Temperaturen sieden, als in engen Glasröhren, am letzten aber läfst sich die Hitze vor dem Sieden treiben, wenn sie in einer Kugel eingeschlossen sind, an der sich eine enge Thermometerröhre befindet. Dieses eigenthümliche und auscheinend abnorme Verhalten fiel mir vorzüglich auf, als ich bei Versuchen über die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten die Hitze des Schwefeläthers, welcher in der halbgefüllten Kugel jederzeit bei 35° C. siedete, bei gänzlicher Anfüllung derselben und des gröfsten Theils des Röhrchens bis 40°, ja sogar einmal bis 50° C. steigerte, worauf dann aber, ohne vorhergegangenes Aufwallen oder eigentlich sogenanntes Sieden, die gesammte Masse in einem fontainenartigen Strahle aus der Apparate geschleudert wurde. Bei rectificirtem Steinöl zeigte sich die nämliche Erscheinung, denn auch dieser liefs sich bis 100° erhitzen, ungeachtet sein Siedepunct bei 85°,5 liegt, und eben so liefs sich der Schwefelkohlenstoff, dessen Siedepunct bei 46°,6 C. liegt, bis 65° erhitzen [2]. Aehnliche Erscheinungen

1 Mém. prés. à l'Acad. de Petersb. T. I. p. 342.

2 Sur la dilatation de l'Alcool absolu cet. ibid.

Digitized by Google

läufig beobachtet worden, dafs ich es für überflüssig halte, Beispiele anzuführen; zur Erzeugung derselben dienen chiedene vereinte Ursachen. Die wesentlichste unter :t die Adhäsion des dünnen Flüssigkeitscylinders im öhrchen an den Wandungen des Glases, welche be- stärker ist, als die Adhäsion der Theilchen der Flüs- nter einander; die Masse der Flüssigkeit in diesem linder ist verschwindend klein gegen die anziehende e. Aufserdem aber befindet sich die Flüssigkeit in völ- e, ein einzelnes Bläschen kann die Theilchen derselben drängen und sich einen Weg zum Aufsteigen bahnen, erhaupt keinen Raum, sich zur ursprünglichen Bildung nen, weswegen auch das Sieden mit einem Heraus- ler gesammten Flüssigkeit beginnt. Es kommt indefs jenige Ursache hinzu, woraus so eben das Stofsen der gen und gemischten Flüssigkeiten erklärt wurde, näm- Adhäsion der Dampftheilchen an die Theilchen der it selbst, welche bewirkt, dafs die Wärme bedeutend t werden mufs, um dieses Hindernifs zu überwinden. Hinsicht ist dieses Verhalten dem hinlänglich bekann- g, wonach das Wasser viele Grade unter seinen Ge- t erkalten kann, ohne dafs die ersten Eiskrystalle er- den. Sehr nahe liegt endlich der Druck der Flüssig- e, welche sich im Röhrchen befindet; allein da die rselben nur etwa 6 bis 10 Zoll betrug, namentlich der äther aber nur ein geringes specifisches Gewicht hat, die allerdings statt findende Mitwirkung dieser Ur- cht hoch anzuschlagen seyn.

) Die wesentlichste Bedingung der Temperatur des Sie- s aller Flüssigkeiten ist der jederzeitige Luftdruck oder k, welchen jeder auf die Oberfläche der erwärmten eit drückende Körper ausübt, weswegen man bei der An- Temperatur des Siedens jederzeit diesen statt findenden nd, da derselbe in der Regel durch die atmosphärische geübt, dieser aber durch das Barometer gemessen wird, ichzeitigen Barometerstand anzugeben pflegt. Da die ze des reinen Wassers den einen Normalpunct der Ther- scalen abgiebt, so ist die Hauptsache dieser Aufgabe, ich wie man für Wasser einen constanten Siedepunct nd wie derselbe nach den verschiedenen Barometerhöhen

Digitized by Google

variirt, bereits mitgetheilt worden[1], und da man indirect aus Temperatur des siedenden Wassers auf den zugehörigen Baro terstand zu schliefsen vermag, mithin das Thermometer statt Barometers zu Höhenmessungen anzuwenden vorgeschlagen so mufste die Sache auch in dieser Beziehung erörtert werde hier kann also nur von der Aufgabe im Allgemeinen die R seyn. Es bedarf dabei zugleich keiner Erörterung des Zus menhanges, in welchem der Druck auf die Flüssigkeit mit Temperatur ihres Siedens steht, denn dieser geht aus dem reits angegebenen Wesen des letzteren von selbst hervor.

Der Erste, welcher wahrnahm, dafs Wasser und Wei in luftleeren Gefäfsen bei weit geringerer Hitze sieden, lufterfüllten, war wohl Papinus[3], dessen Untersuchungen die Dämpfe diesen zugleich viel mit der Luftpumpe experi tirenden Physiker nothwendig zu Wahrnehmungen dies führen mufsten. Derselbe verfertigte auch die ersten W hämmer, aus einer blofsen luftleeren, mit etwas Wasser ten Glasröhre bestehend, in welcher dann diese Flüssigk geraume Zeit über einer Lichtflamme siedete, ohne dafs Wärme einen bedeutenden Grad erreichte. Hierdurch sam gemacht wiederholte Huygens[4] die Versuche und die Sache bestätigt. Franklin[5] aber erfand die nach ihm nannte *Franklin'sche Röhre*, eine Glasröhre mit einer gro fsen Kugel an jedem Ende, worin sich eine Mischung Wasser und Alkohol befand, die in der einen Kugel bei siedete, wenn man die andre durch die Hand erwärmte. diese Untersuchungen, die theilweise zur Ergötzung schlossen sich diejenigen anderer Gelehrten an, welche den sammenhang der Siedehitze mit dem tieferen Barometer auf hohen Bergen aufzufinden sich bemühten. Als Amon sich bestrebte, einen festen Punct der Thermometerscale zufinden, gelangte er zu dem Resultate, dafs die Tem des siedenden Wassers unter allen Bedingungen eine con

1 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 890.
2 S. ebendaselbst S. 962.
3 Nouvelles expériences du vuide. Par. 1674. 4.
4 Philos. Trans. N. 122. p. 544.
5 De Saussure Essay's sur l'Hygrométrie. Ess. III. chap. I. §.
6 Mém. de l'Acad. de Paris. 1703.

ıenheit[1], welcher anhaltender und mit gröfserer Sorg-
imentirte, gewahrte schon 1724 den Einfluſs, welchen
iche Barometerstand auf die Temperatur des siedenden
ıusübte, und wenn es auffallend scheint, daſs dieses
ı dem, was Papin und Huygens bereits aufgefunden
nothwendig folgend betrachtet wurde, so darf nicht
werden, daſs man zwar die Gesetze des Luftdruckes
reits kannte, allein die Vorstellungen von demselben
ıt zur gehörigen Klarheit gelangt waren und daher
ch dem leeren Raume ein eigenthümlicher Einfluſs
ırin siedende Flüssigkeit beigelegt wurde. Ganz eigent-
ıschaftlich waren dagegen die Versuche der Gelehrten,
ie Erniedrigung des Siedepunctes des Wassers auf
ɔgen maſsen und richtig als Folge des tieferen Baro-
les betrachteten. Le Monnier und Cassini[2] brach-
ıecksilberthermometer, dessen Siedepunct zu Perpignan
Lin. Barometerhöhe bestimmt worden war, auf den Gipfel
ɔu in den Pyrenäen, wo der Barometerstand nur 20 Z.
betrug, und fanden daselbst die Temperatur des sie-
Vassers um 9° R. tiefer. Auf gleiche Weise fand Se-
de Montesquieu[3] die Siedehitze des Wassers auf
du Midi, verglichen mit der zu Bagnères, um 18° F.
es Weingeistes um 13° F. niedriger. Eine grofse Menge
ıchen stellte auch Shuckburgh[4] bei seinen Reisen
pen und auf den Bergen Grofsbritanniens an; am aus-
ɔn aber wurde das Problem durch de Luc untersucht,
nühungen, das Verhältniſs zwischen den Veränderungen
ksilberhöhe im Barometer und den diesen zugehörigen
puncte aufzufinden, bereits erwähnt worden sind[5].
Sache selbst läſst sich durch einen einfachen Versuch

---

ilos. Trans. N. 385. S. 179. Nach Murray in Philos. Mag.
. T. LXVII. p. 201 soll Fahrenheit zuerst geäufsert haben,
e das Thermometer zum Höhenmessen gebrauchen. Murray
nach eigenen Erfahrungen und denen des Cap. Hall in der
ie Methode für nicht geeignet, genaue Resultate zu geben.
ım. de l'Acad. de Paris. 1740. p. 131.
ilos. Trans. N. 472.
ilos. Trans. T. LXIX. p. 362.
rgl. Lichtenberg in: Magazin für das Neueste a. d. Physik.
I. S. 219.

Digitized by Google

leicht anschaulich machen. Zu diesem Ende stellt man ein mit Wasser von etwa 50° C. Wärme unter eine Campan den Teller der Luftpumpe und exantlirt. Sobald ein Va erzeugt wird, steigen zunehmend kleine Bläschen im W auf, über der Wasserfläche erhebt sich Wasserdunst, geh wie man es beim gewöhnlichen Erhitzen des Wassers w nimmt, und wenn die Luft hinlänglich verdünnt ist, so ein vollständiges, dem gewöhnlichen vollkommen ähnl Sieden ein. Weil aber die Temperatur des Wassers dem aufsteigenden Dämpfe herabgeht, den Verlust durch Str nicht gerechnet, und der Dampf selbst mit der ihm eige lich zugehörenden Elasticität auf das Wasser drückt, so das Sieden bald auf, das Exantliren mufs wieder begonn der Rest der noch vorhandenen Luft nebst den em Dämpfen weggenommen werden, damit das Sieden wied ginnt. Je stärker die Luftpumpe exantlirt, bis zu desto n gern Temperaturen kann dieser Versuch fortgesetzt w wenn man auf das nachtheilige Eindringen des Wasse in die Röhren und Ventile der Luftpumpe keine Rü nimmt. Uebrigens geht aus der geringen Temperatur des diesen Umständen wirklich siedenden Wassers anschaulich vor, dafs auf hohen Bergspizen, z. B. in dem Hospiz au St. Bernhard, der Meierei von Antisana u. s. w., die Hitz in offenen Gefäfsen siedenden Wassers nicht genügt, u thierische Muskelfaser genugsam zu erweichen, und d dortigen Bewohner daher sich zur Bereitung nahrhafter S des Papin'schen Digestors bedienen müssen. Ein sehr in santer, die Sache ausnehmend erläuternder Apparat ist der *serhammer* (*Marteau d'eau*)[1]. Dieser besteht meistens aus einer 0,5 bis 1 Zoll weiten, 6 bis 8 Zoll langen Gl welche am einen Ende gewölbt zugeblasen, am andern m eines kurzen, sehr engen Röhrchens mit einer Kugel von 2 Zoll Durchmesser verbunden ist. In dieser Gestalt di zunächst dazu, um durch das heftige Schlagen des Wa gegen den Boden der Röhre zu zeigen, dafs das Was sich als hart erscheint und zugleich an dem Herabfliefse der Kugel in die Röhre und umgekehrt, welches in la ten Röhren nicht statt findet, nur durch den Widers

1 Vergl. Sigaud de la Fond Dict. de Phys. Art. *Marteau d'*

ıdert wird. Der Wasserhammer ist nämlich luftleer und
),3 oder nur 0,25 mit Wasser gefüllt. Soll der Ap-
Sieden des Wassers durch die Wärme der Hand und
lie Erzeugung, so wie das Verschlucktwerden der
en anschaulich zeigen, so mufs er mit gröfserer Vor-
ırtigt werden. Am besten dient hierzu eine wenigstens
e, 12 Z. lange und mit einer 2 Z. weiten Kugel
: verbundene Röhre. Die Kugel wird oben in eine Fig. 75.
ze ausgezogen, durch diese der Apparat mit reinem
s etwa zur Hälfte gefüllt und dieses mehrere Stunden
ı Sieden erhalten, um auch die letzten Antheile Luft
en. Mitten im Sieden, nachdem etwa die Hälfte des
erdampft ist, verschliefst man schnell die Spitze mit
entfernt das Feuer, um ein Zerplatzen zu verhüten,
Apparat erkalten und schmelzt die Spitze mit der
ab. Läfst man später den gröfsten Theil des Was-
Kugel fliefsen, so dafs der Zugang derselben in die
ı verschlossen ist, und erwärmt man das andere Ende
mit der Hand, so sieht man fortwährend Dampf-
der Röhre in die Kugel dringen, wo sie augenblick-
zwar mit hörbarem Geräusch, wieder niedergeschlagen
as Geräusch, den Stöfsen der zu sieden beginnenden
en ähnlich, vernimmt man deutlicher und verstärkt,
die Kugel auf eine Tischplatte, ein Bret, eine Glas-
w. legt[1].

Eine artige Spielerei gewähren kleinere Apparate von Fig. 76.
hnlicher Form, deren Röhren nur etwa 5 bis 6 Z.
Z. weit, mit einer durch zwei Thermometerröhrchen
ı Kugel und oben mit einem länglichen Gefäfse
ıd. Sie werden mit gewöhnlichem Weingeist gefüllt
geringerer Mühe luftleer gemacht. Bringt man die
gröfstentheils, ohne genaue Beachtung des quanti-
rhältnisses, in den einen, durch eins der engen
bgesonderten Theil des Apparates und hält diesen nach
ırend der untere durch die Hand erwärmt wird, so

---

angegebene Construction ist die einfachste; man versieht
)parate zuweilen mit Zierrathen und verfertigt sie von
ıis zum Doppelten der angegebenen Dimensionen und dar-
ı anderthalb Fufs langen und proportional grofsen von
ı ich im Cabinette der London University.

Digitized by Google

siedet die Flüssigkeit heftig entweder im obern Theile d
parates allein oder auch zugleich in der Kugel; das S
wird aber dabei nicht gehört, weil der Weingeist hierfü
hart genug, vielmehr zu flüssig ist. Dieser Apparat ist ei
nur eine Modification der bereits genannten *Franklin'schen*
welche auch Pulshammer (*Pulse-glas, Palmglas*) genannt
seine Gestalt ist genau wie die des Kryophorus, nur ist
Fig. 77. Weingeist statt des Wassers enthalten und die Dimension
meistens kleiner, die Röhre 5 bis 6 Zoll lang, die
etwa 1,5 Zoll im Durchmesser haltend. Ist derselbe h
lich luftleer, hält man ihn horizontal, die Kugeln na
gerichtet, befindet sich von dem enthaltenen Weingeis
cher in seiner Gesammtheit jedoch die eine der Kugel
ganz ausfüllen darf, in jeder der Kugeln die Hälfte, und
man die eine der Kugeln, sie ganz umschliefsend, in d
so steigt die gesammte Flüssigkeit sofort in die fre
und beginnt dann heftig zu sieden. Hierbei zeigt si
zeit ein Phänomen, welches ich nirgends besonder
gehoben oder nur überhaupt erwähnt finde, und doch
es mir von vorzüglicher Wichtigkeit zu seyn. Wenn
Kugel umfafst, so fühlt man anfangs keine Kälte,
tritt eine scheinbare Steigerung der Wärme ein, weil
gel ein schlechter Leiter ist; in dem Augenblicke aber,
Flüssigkeit in der andern Kugel heftig aufwallet, sch
wenn vorher ein fontainenartiges Aufsprudeln derselb
fand, empfindet man eine auffallende Kälte, die nur
Augenblicke anhält. Es scheint mir, als gäbe es z
mögliche Ursachen dieser momentanen Wärmeverän
Nach der einen müfste angenommen werden, dafs die
Flüssigkeit eine höhere Wärme annähme, als welch
Siedepuncte zugehörte, diese aber in dem Augenb
gleiche Weise verlöre, als dieses vor und während
genannten Stofsens (§. 528) nach den Erfahrung
Magnus statt findet. Dieser Ansicht steht aber
gen, zuerst dafs kein Mangel an Dampfbildung stat
vielmehr treibt der gebildete Dampf die Flüssigkeit
walt in die andere Kugel. Nach einer zweiten E
liefse sich annehmen, dafs der erzeugte, in die zweite

1 Vergl. Robison System of mechanical Philosophy etc.
1822. T. II. p. 14.

ingende und das heftige Sieden bewirkende Dampf
ıere Menge Wärme absorbire, allein auch hiergegen
einwenden, dafs dann die bemerkte Kälte ebenso
Dampfbildung fortdauern müfste, statt dafs sie nur
oder sehr kurze Zeit dauernd ist, während das Sie-
ährend, wenn auch mit etwas verminderter Heftig-
findet. Man kann daher nicht wohl umhin, zu ei-
ı Erklärung überzugehn. Hiernach wird zwar vom
ıgenblicke an Dampf entwickelt und seine stärkere
dazu verwandt, die Flüssigkeit durch die enge Röhre
ı; in dem Augenblicke aber, wo er frei entweichen
:hnt er sich aus und erzeugt die Empfindung der
ch Absorption der zu dieser seiner Expansion erfor-
Wärme. Dieses ist wohl ohne Zweifel die richtige
sofern aber hierbei ein Wechsel der in gröfserer oder
Menge zuströmenden Wärme statt findet, hat das
ı in gewisser Beziehung Aehnlichkeit mit dem in
:schriebenen[1].

Wegen des bedeutenden Einflusses des Luftdruckes
'emperatur des Siedepunctes der verschiedenen Flüs-
ist man übereingekommen, hierfür denjenigen Baro-
d anzunehmen, bei welchem der Siedepunct der Ther-
bestimmt wird[2], und da dieser zur Zeit der Versuche
ner statt findet, so giebt man zugleich mit den erhal-
sultaten den gleichzeitig beobachteten Barometerstand
iernach annähernd zu schätzen, wie weit etwa die
Bestimmung von der absolut genauen sich entfernen
Um die Abweichung scharf zu berechnen, mufs das
:r Elasticität der Flüssigkeiten als Function der Wär-
ı bekannt sein, was wir jedoch nur bei den wenig-
änglich kennen. Ist der Unterschied des beim Versu-
findenden Barometerstandes und des normalen nur ge-

---

hat mir wiederholt geschienen, als ob die Erzeugung der
en des Weingeists erforderlichen Wärme bei verschiedenen
ungleich sey und sich hiervon auf die Energie des bei ih-
findenden Lebensprocesses schliefsen lasse. Der Apparat
wohl, in dieser Hinsicht von den Physiologen beachtet zu
Absichtlich angestellte, ausgedehntere Versuche würden hier-
:re Auskunft geben.

ergl. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 890.

Digitized by Google

ring, so wird man sich von der Wahrheit nicht sehr e
nen, wenn man das *Dalton'sche Gesetz* (§. 523) in An
dung bringt, wonach für gleiche Temperaturen unter od
dem Siedepuncte den Dämpfen der verschiedenen Flüssig
gleiche Unterschiede der Temperaturen zugehören. Üb
genügt es im Allgemeinen, den Siedepunct der verschiedenen
sigkeiten mit gehörig genäherter Genauigkeit zu bestimmen
für mehr sind auch die in der unten angehängten Tabelle
gebenen Bestimmungen nicht zu halten; blofs beim Was
möglichste Schärfe unerläfslich, weil wir sonst im Ther
ter selbst kein genaues Mefswerkzeug besäfsen.

Wirken stark vermehrter Druck und hohe Kälte g
zeitig auf Dämpfe oder die ihnen ähnlichen Gase, so
diese tropfbar-flüssig, und wir könnten daher die Tem
ren, wobei dieses statt findet, als ihre Siedepuncte a
würden uns aber dadurch von der aufgestellten Regel e
nen, wonach wir die Siedepuncte der Flüssigkeiten z
gleichung wegen auf den gemeinschaftlichen mittleren B
terstand reduciren. Die Untersuchung des erforderlichen
ckes, unter welchem einige Gase, die in dieser Beziehu
Dämpfe zu betrachten sind, tropfbar-flüssig werden, m
her hier, wo es sich um die Bestimmung der Siedepun
mittlerem Barometerstande handelt, ausgeschlossen werde
ist aufserdem bereits angestellt worden[1].

Einige gemischte Flüssigkeiten, als Salzsolutionen, W
mit Alkohol u. s. w., erleiden durch Wärme eine Zer
und der Siedepunct rückt folglich stets höher hinauf; so
die Temperatur ihres Siedepunctes bestimmt werden, s
dieses in dem ersten Augenblicke geschehn, wo die B
entwickelung beginnt. Andere Körper, namentlich die
Oele, zeigen zwar gleichfalls ein Aufwallen, was man a
Sieden betrachten könnte, allein nach Placidus Heinr
Carradori[3] und Anderen sind es blofs die Dämpfe de

1 S. Art. *Gas*. Bd. IV. S. 1018.

2 Phosphorescenz der Körper. Th. I. S. 188. G. XII. 10

3 S. Brugnatelli Giorn. T. III. p. 380. Bellani bestreite
früher durch Carradori aufgestellte Behauptung in Brugnatelli G
T. III. p. 26, weil dieser zugestehe, dafs die Oele durch Hitze
wallen, man aufserdem die Oele bekanntlich destilliren könne; a

len verbundenen Wassers, welche dieses Aufwallen er-
; die Oele selbst erleiden durch die Hitze eine Zer-
, werden zunehmend dickflüssiger und ein eigentliches
derselben findet überall nicht statt. Ich selbst gewahrte[1],
r Kampfer, wenn er in Glasröhren eingeschlossen im
i Zustande erhitzt wird, stark aufwallet, ohne jedoch
von bedeutender Elasticität zu entwickeln, was erst in
Temperatur geschieht. Gelegentlich kann hier auch an
achtungen erinnert werden, welche Gay-Lussac[2] über
dampfung der verschiedenen Körper anstellt, die bei
nur dann erfolgt, wenn die Luft freien Zutritt hat,
also manche als nicht flüchtig erscheinen könnten, wenn
dingung bei ihrer Erhitzung fehlt. So läfst sich salz-
ali lange selbst in der Rothglühhitze erhalten, ohne
merklich verdampft, wenn es mit einem Deckel genau
ist, statt dafs es stark verdampft, wenn die Luft freien
at. Diesem ähnlich ist, dafs Blei, Wismuth und An-
offenen Gefäfsen stark verdampfen, in verschlossenen
nicht. Es steht dieses mit der schon durch Fontana
n Bemerkung in Verbindung, dafs auch das Wasser
m Siedepuncte nur wenig verdampft, wenn das Gefäfs,
sich befindet, durch eine enge Röhre ohne Luftzug
äufseren Atmosphäre in Verbindung steht. Bei ge-
Flüssigkeiten, von denen die eine bei niedrigern
turen siedet als die andere, mit ihr verbundene, ver-
ich seiner Ansicht die Dämpfe der ersteren die Stelle
t und führen stets die Dämpfe der letzteren mit sich
eswegen es unmöglich ist, durch dieses Mittel beide
nder zu trennen. Endlich mufs auch die unter dem
les *Leidenfrost'schen Versuches*[3] oben (§. 271) bereits
Erscheinung in Beziehung auf das Sieden erwähnt

---

t zeigt, dafs die beim Aufwallen des Oeles aufsteigenden
n Flüssigkeiten keine reinen Oeldämpfe sind, sondern verun-
Wasserdämpfe und Gase, die durch Abkühlung nicht wieder
erden, weswegen man kein eigentliches Sieden der Oele an-
önne.

hysikalische Abhandl. Giefsen 1816. S. 488.

as Mém. de la Soc. d'Arcueil in G. XXVII. 147.

EIDENFROST's Versuche findet man auch in dessen Opusc. phys.
ag. 1797. T. III. p. 85.

Digitized by Google

gen, als sie sich in der Masse des Silbers (der Metalle) f pflanzt[1].

533) Die nachfolgende Tabelle[2] enthält die Siedep der bekanntesten Flüssigkeiten annähernd bei einem Luf terstande von 0,76 Meter. Verschiedene Flüssigkeiten kö darin nicht aufgenommen werden, weil sie gar nicht gentlich sieden, sondern vor dem Eintritt des Siedens sie dicken und in ihren Bestandtheilen zum Theil entwe zum Theil als Kohle zurückbleiben. Dahin gehören die die thierischen Fette, Wachs, Harz u. s. w., und die A für Leinöl mag daher nur als annähernde Bestimmung g Für andere Flüssigkeiten sind keine ganz scharfe Bestim gen möglich, weil sie sich mit der Zeit von selbst und während des Erhitzens verdicken, in Folge dessen ihr S punct höher hinaufrückt, wie dieses z. B. bei den fet Oelen, also auch dem Steinöl der Fall ist, dessen ang Siedepunct für den Zustand unmittelbar vorausgegange fication gilt. Einige Flüssigkeiten bestehn aus Wa gebundenen gasförmigen Körpern, z. B. Salzsäure und k Ammoniak, aus denen dann in Folge der Hitze das Ga weicht, indem ein scheinbares Sieden erfolgt, welches nicht vom aufsteigenden Dampfe, sondern gröfstentheils freigewordenem Gase herrührt, bis zuletzt, namentlich Ammoniak, reines Wasser zurückbleibt, zu dessen Siede der der Mischung allmälig hinaufrückt. Alle Salzsole sieden bei höheren Temperaturen, als das reine Wasser, ist der Unterschied bei geringhaltigen anfangs unmerklich, aber zunehmend bis zum gänzlichen Austrocknen, und e beginnt das Sieden der Mischungen von Weingeist mit W

---

1 Mit dem Verhalten des Wassers im Leidenfrost'schen P che hängt ohne Zweifel, wie Fechner (Repertorium Th. I. S. sehr richtig bemerkt, eine durch Johnson gemachte, aber un gedeutete Erfahrung zusammen, wonach am Tage kaum sichtbar glühendes Eisen in gleicher Zeit mehr Wasserdampf liefert weifsglühendes, s. Silliman Amer. Journ. of Sc. T. XIX. p. 85. gleichzeitig von ihm gemachte Bemerkung, dafs Gufseisen mehr D erzeugt, als Schmiedeeisen, bestätigt die Resultate der Versuche, nach ersteres eine gröfsere Wärmecapacität hat, als letzteres. S. f

2 Vergl. Poggendorff in dessen Annalen XVII. 530, ver und verbessert XLIX. 424.

Digitized by Google

itungsfähigkeit nothwendige Bedingung des Gelingens
ier Silber weit geeigneter, als Platin. Die Erscheinung
ich ebenso gut beim Weingeist, als beim Wasser, auch
der Versuch mit liquidem Ammoniak und Salzsäure,
mit Schwefelsäure, welche zwar in einem Platingefäfse
mig langsam verdunstete, das Silber aber bald zu be-
und dann selbst schnell zu verdampfen anfing, worauf
Metallfläche angegriffen zeigte. Wichtig ist noch ein
n zur Controle der durch PERKINS aufgestellten Be-
g gemachter Versuch. Hierzu diente ein am obern Ende
ssener, blofs durch das Zündloch mit der äufsern Luft
icirender Flintenlauf, welcher an seinem schräg nach
richteten Ende glühte. In das untere Ende war durch
ork eine vertical nach oben gebogene Glasröhre einge-
durch welche Wasser hineingebracht wurde, dessen Däm-
e merklichen Druck aus dem glühenden Zündloche ent-
, wodurch also die von PERKINS behauptete Repulsion
gt wird. Als das Rohr umgekehrt wurde und das sie-
Wasser in das glühende Ende herabfloſs, drang der Dampf
walt aus der obern Oeffnung, aus dem unten befindli-
ündloche aber nur wenig, worin eine Bestätigung der
RKINS aufgestellten Behauptung liegen soll; allein da-
urfte gar kein Dampf aus dem Zündloche strömen, da
bendrein das Zündloch weit enger war, als wohin sich
ulsion erstrecken soll; aufserdem aber siedete das Was-
as beim Leidenfrost'schen Versuche nicht statt finden
die Erscheinung war also eine ganz andere, als die in
tehende, und es verstand sich wohl von selbst, dafs von
edenden Wasser, auf welches der obere nicht glühende
des Flintenlaufes stärker, als der untere wirkte, mit
er Gewalt aus der oberen Oeffnung dringen mufste, als
m Zündloche, in welchem das durch den Druck hinein-
ene Wasser zur Verdampfung kam. Uebrigens kommt
rch BUFF gegebene Erklärung der Phänomene der oben
heilten im Ganzen nahe. Die Wärme soll um so mehr
Wasser übergehn, je vollständiger dieses die Körper be-
da aber die Benetzung der Metalle durch das Glühen,
s den Zusammenhang gleichartiger und ungleichartiger
r vermindert, aufgehoben wird, so kann die Wärme
mehr mit derselben Schnelligkeit in das Wasser eindrin-

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
Chlorbenzid	210°,0 C.	Mitscherlich
Chlorkohlenstoff . . .	60,8	Liebig
Chlorkohlensäure-Aether	94,0	Dumas
Chlorphosphor im Minimum	78,0	Dumas
Chlorschwefelsäure . .	77,0	Regnault
Chlorkiesel . . . fast	100,0	Dumas
Chlortitan	135,0	Dumas
Chlorwasserstoffhydrat .	110,0	Bineau
Chlorwasserstoffäther . .	11,0	Thénard
Chlorzinn	120,0	Dumas
Chromoxydchlorid . .	118,0	Walter
Citren (Citronyl) . . .	165,0	Cahours
Cyanwasserstoff . . .	26,5	Gay-Lussac
Dümasin	120,0	Kane
Elaën	110,0	Fremy
Elaldehyd	94,0	Fehling
Elaylbromid	129,5	Regnault
Elaylchlorid	82,5 64,0	Regnault
Essigätler	74,0	Thénard Dumas
Essiggeist	55,6	Dumas
Essigsäure-Hydrat . .	120,0	Dumas
Essig, gemeiner . . über	100,0	Mollerat
Formomethylal	42,0	Dumas
Formylchlorid	37,5	Regnault
Formylhyperchlorür . .	135,0 102,0	Regnault
Formylhyperchlorid . .	60,8	Dumas
Holzgeist	66,5	Dumas
Hydriodsäure, wässerige	128,0	Dumas
Iod	177,0 175,0	Gay-Lussac Dumas
Iod-Wasserstoffäther .	64,5	Gay-Lussac
Kampher	104,0	Gay-Lussac Dumas
Kieselchlorid . . unter	100,0	Dumas
Kohlenchlorid	120,0	Regnault
Kohlenhyperchlorür . .	182,0	Regnault
Kohlenhyperchlorid . .	78,0	Regnault
Kohlensäureäther . . .	125,0	Ettling
Kohlensülphid	46,6	Gay-Lussac
Doppelt-Kohlenwasserstoff	— 18,0	Faraday
Vierfach-Kohlenwasserstoff	85,5	Faraday

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
. . . . .	316°,0 C.	Murray
n	163,0	Walter
an	61,0	Liebig
	63,0	Regnault
. . . . .	63,0	Weidmann u. Schweizer
oxyd	120,0	Kane
oxydhydrat . .	56,6	Dumas
en	135,5	Cahours
l	42,0	Malaguti
nchlorid . . .	30,5	Regnault
odid	45,0	Dumas
, benzoësaures .	198,5	Dumas
essigsaures . .	58,0	Dumas
salpetersaures .	66,0	Dumas
schwefelsaures .	188,0	Dumas
oxydid	100,0	Regnault
	110,0	
ülfid	41,0	Regnault
a	85,5	Saussure
alin	212,0	Dumas
äure	153,0	Dumas
. . . . .	240,0	Reimann
nzid	213,0	Mitscherlich
. . . . .	55,0	Fremy
häther	227,0	Liebig u. Pelouze
ier	184,0	Dumas
hthalin . . .	300,0	Dumas
n	280,0	Boussingault
um, rect. . . .	85,0	
nünzstearopten .	213,5	Walter
or	250,0	Heinrich
	288,0	Dalton
	290,0	Pelletier
	290,0	Mitscherlich
orchlorür . . .	78,0	Dumas
carbüret	— 18,0	Faraday
ilber	340,0	Daniell
	355,0	Irvine
	349,0	Dalton
	346,6	Crichton [1]
	356,0	Heinrich [2]

[1] Philos. Trans. 1818. p. 376.
[2] Schweigger's Journ. I. 214.

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
Quecksilber	350°,0C.	Dulong u. Petit[1]
	356,0	
	360,0	Dumas Mitscherlich
Retinnaphtha	108,0	Walter
Retinöl	238,0	Walter
Retinyl	150,0	Walter
Salicylhydrür	196,5	Pirja
Salpeteräther	21,0	Thénard Dumas
Salpetersäure, salpetrige	28,0	Dulong Mitscherlich
Salpetersäure (spec. Gew. 1,42) . . .	121,0	Dalton
Salznaphtha	16,0	Thénard
	12,5	Gehlen
Schwefel	293,0	H. Davy
	316,0	Mitscherlich
Schwefeläther	35,6	Gay-Lussac
	35,0	Muncke
Schwefelblausäure . . .	102,5	Vogel
Schwefelchlorid, schwefels.	145,0	Heinr. Rose
Schwefelchlorür . . .	138,0	Dumas
Schwefelkohlenstoff . .	43,0	Berzelius
	46,6	Gay-Lussac
	46,8	Marx
Schwefelsäure	310,0	Dalton
gemeine . .	288,0	Davy
Nordhäuser.	45,0	Bussy
Schweflige Säure (spec. Gew. 1,45) .	— 10,0	Bussy[2]
Suberon	186,0	Boussingault
Terpentin	293,0	Murray
Terpentinspiritus . . .	156,0	Dumas
frisch destillirt	152,0	Ure
älter . . .	158,0	
Titanchlorür	135,0	Dumas
Urethan	180,0	Dumas
Valerianäther	133,5	Otto
Valeriansäure	132,0	Otto

1 Von diesen genauen Bestimmungen gilt die erste für das Luftthermometer, die zweite für das uncorrigirte Quecksilberthermometer. S. Ann. de Chim. et Phys. T. VII. p. 120.

2 Schweigger's Journ. XXXII. 452.

Digitized by Google

lüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
. . . . .	100°,0 C.	
$(C_4 H_8)$ . . unter	100,0	Masson
$(C_{10} H_{16})$ . .	285,0	Regnault
. . . . .	61,5	Weidmann u. Schweizer
ıtha	110,0	Weidmann u. Schweizer
id	120,0	Dumas

mpf, dessen Elasticität und Dichtigkeit.

) Aufser der Verdunstung und dem Sieden kommt in g auf Dampfbildung noch das Verhalten des Erzeug- bst, des *Dampfes*, oder der Verbindung der Wärme verschiedenen Flüssigkeiten sowohl als auch festen in Betrachtung. Hierüber ist indefs bereits in einem rtikel ausführlich gehandelt worden[1], und es versteht sich n selbst, dafs hier nur dasjenige nachträglich hinzu- erden kann, was seitdem neu hinzugekommen ist, wo- s angemessen erscheint, die dort befolgte Ordnung hier lten. Der erste Theil jener Untersuchungen über die ärme der Dämpfe ist seitdem durch keine neuen That- weitert worden. Ganz anders verhält es sich dagegen mit s bis dahin zur genauen Ermittelung der Elasticität des mpfes geschah, welche bestimmt zu kennen wegen eich davon gemachten technischen Anwendungen von Wichtigkeit ist. Als literarische Notiz darf diejenige ig gelten, welche Kämtz[2] aufgefunden hat. Hiernach hon Alex. Volta[3] das von Dalton aufgefundene (§. 523 u. 532), welches mindestens für einige Däm- ernd richtige Resultate giebt; nicht übereinstimmend bisherigen Messungen ist dagegen der gleichfalls von estellte Satz, dafs die Elasticität des Wasserdampfes ° C. verdoppelt werde. Kämtz[5] hat seine bereits er-

---

Art. *Dampf.* Bd. II. S. 279 ff.
hweigger's Journ. LII. 98.
llez. dell' Opere del Cavaliere Conte Aless. Volta. Firenze T. III. p. 381. Brugnatelli Giorn. T. II. p. 84.
Art. *Dampf.* Bd. II. S. 354.
ntersuchungen über die Expansivkraft d. Dämpfe. Halle 1826.
Art. *Dampf.* S. 345.

Digitized by Google

wähnten Untersuchungen über die Spannkraft der Dämpfe einer eigenen Schrift erweitert dem Publicum vorgelegt, [illegible] aber genügen, dieses hier blofs zu erwähnen, da die [illegible] seitdem durch eine höchst schätzbare neue Versuchsreihe bedeutend veränderte Gestalt angenommen und eine [illegible] Erweiterung erhalten hat.

Die hier in Rede stehenden Versuche sind diejenigen, welche von den Mitgliedern des Pariser Instituts mit einem bedeutenden Aufwande von Mühe und Kosten höchst [illegible] entworfen und mit beharrlichem Eifer vollendet wurden, dieses unverkennbar aus dem durch DE PRONY, ARAGO, ARRARD und DULONG erstatteten, von Letzterem abgefafsten Berichte hervorgeht[1]. Als Veranlassung hierzu diente eine Aufforderung des Gouvernements, diejenigen Mittel anzugeben, wodurch den aus dem Zerspringen der Dampfkessel entstehenden Unglücksfällen vorgebeugt werde, und da die Versuche von ARZBERGER damals in Paris noch nicht bekannt waren, so mufste nothwendig die Spannkraft der Dämpfe bei höheren Temperaturen zuvor erst ausgemittelt werden. Darüber liegt wohl keinem Zweifel, dafs alle Messungen durch belastete Ventile bei weitem keine solche Genauigkeit gewähren, als die unmittelbare Beobachtung der durch den Wasserdampf emporgetriebenen Quecksilbersäule, allein zugleich auch die grofsen Schwierigkeiten nicht zu verkennen, welche die Aufrichtung und Zusammensetzung einer ungefähr 70 Fufs langen Glasröhre entgegenstehn; es wird aber genügen, wenn wir die mit allen Vorsichtsmafsregeln construirten, höchst zweckmäfsig eingerichteten, aber auch sehr complicirten Apparate nur in kurze Beschreibung der wesentlicheren Theile hier aufnehmen. Als zweckmäfsiges Local diente ein viereckiger Thurm im *Collège royal de Henri IV.*, durch dessen durchbrochene Gewölbe ein Balken mit ebener Vorderfläche gerichtet wurde, an welchem sich die aus einzelnen Stücken zusammengesetzte, durch Schrauben und Kitt gegen das Eindringen des Quecksilbers gesicherte Glasröhre befestigte.

---

1 Mém. de l'Acad. des Sciences T. X. p. 193. T. XI. Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 101. T. XLIII. p. 76. Gendorff's Ann. XVIII. 427. Schweigger's Journ. LIX. 57. Fechner's Repert. Th. I. S. 173.

Digitized by Google

starken Druck dieser ganzen Säule zu vermeiden, war
hrenstück durch ein angemessenes Gegengewicht ba-
so dafs das Ganze sich leicht heben und zusammen-
fs. Zum Messen der Spannkraft des Dampfes diente
ein Manometer, aus einer dicken Glasröhre bestehend.
die Gültigkeit dieses Boyle'schen oder Mariotte'schen
auch bei stärkeren Pressungen zuvor durch abermalige
a zu prüfen, da ihnen die früher hierüber angestellten
nicht genügten, so verbanden die Akademiker die
rröhre und die zusammengesetzte hohe Glasröhre beide
eisernes Gefäfs voll Quecksilber, preften über letzteres
ittelst einer Compressionspumpe, machten dadurch das
beiden Röhren aufsteigen und bestimmten aus dem
de des Niveaus in beiden die Zusammendrückung der
uft in der Manometerröhre, wobei sie nicht blofs das
letzteren corrigirten, sondern auch ihre Temperatur
n an ihr herabfliefsenden Strom Wassers unverändert
Durch drei Versuchsreihen fanden sie das *Boyle'sche*
1 bis 27 Atmosphären Druck vollkommen bestätigt,
öhere Pressungen, als welche bis jetzt angewandt
Eine Angabe der Mittel zur Vermeidung parallaktischer
ger Fehler kann hier füglich übergangen werden, da
erforderlichen Apparate und zweckmäfsigen Methoden
bekannt sind.

em auf diese Weise das *Manometer* als ein genügend
fswerkzeug erkannt worden war, liefsen die Experimen-
selbe sammt dem Quecksilbergefäfse in den Hof des Fig.
ringen, weil eine Explosion den Einsturz des Thurms 78.
konnte, und setzten das Quecksilbergefäfs mit einem
el in Verbindung, worin Wasserdampf erzeugt wurde,
ne seiner Temperatur angemessene Pressung gegen das
ausübte. Die einzelnen Theile des Dampfkessels
ch zwischengelegte Bleiplatten dampfdicht verschlos-
us hervorgeht, dafs dieses Metall, sofern es durch
n der Schrauben in die feinen Zwischenräume dringt,

---

erden hier nur Boyle, Mariotte, Musschenbroek nach Es-
. Leyde 1751. T. II. p. 655, Sulzer, Robison in Ency-
rt. *Pneumatics*. T. XVI. p. 700 und Oersted nebst Suen-
. Vollständiger findet man die Literatur oben Art. *Gas*.
1035.

Digitized by Google

für ähnliche Zwecke mit genügendem Erfolge angewandt den kann. Es schien ihnen nöthig, den Kessel vorher zu biren, und sie wollten hierzu eine solche Wasserpum wenden, wie man sie bei den hydraulischen Pressen ge hätten aber dann dem Reglement gemäfs einen Druck v Atmosphären anwenden müssen; allein ehe sie diese e ten, liefsen einige Sprünge im Metall und mehreren V gen ebenso viel Wasser durch, als die Pumpe zuführte wegen sie diesen Punct nicht erreichen konnten. Be Probeversuchen überzeugten sie sich von der Ungena konischen Ventile zur Berechnung des Druckes, indem wegen der ungleichen Adhäsion der Kegel bei unve Drucke sehr ungleiche Resultate geben. Sie räumen d ebenen Ventilen einen entschiedenen Vorzug ein, obg grofse Sorgfalt erfordern, wenn sie genau schliefsen Einen solchen Apparat bei dem Kessel anzubringen Zeit erfordert und dennoch blieb es ungewifs, ob die erhöhete Temperatur die Cohäsion des Metalls würde. Deswegen machten sie einen Probeversuch bei das Thermometer, durch ein Fernrohr beobachtet, C. stieg, eine Temperatur, die einer Spannung von mosphären nahe kommt, so dafs diese Probe für den sichtigten Zweck genügte. Der auf diese Weise Dampfkessel wurde in einen Ofen eingemauert, dess Wandungen einen schnellen Wechsel der Wärme Durch den Deckel des Kessels ging ein aus Flintenlau sammengesetztes Rohr dd′ zuerst lothrecht in die Höhe, in geringer Neigung d′d″ herabwärts, und senkte sich a andern Ende in das Quecksilbergefäfs f. Dieses Rohr sich bei dem Versuche mit niedergeschlagenem Wasser und um den Druck desselben, welcher zu dem des hinzukam, zu berechnen, wurde das Rohr vor dem V mit Wasser gefüllt und durch einen auf die Leinwand tröpfelnden Wasserstrahl stets abgekühlt. Durch niederg gene Dämpfe konnte daher das in dem eisernen Gefä beim Sinken des Quecksilbers anhäufende Wasser stets ersetzt werden, und zur Messung des sinkenden Que niveaus diente die stets mit dem Gefäfse correspondirende silbersäule pk in der gläsernen, eben durch das Eisen verbundenen Röhre.

Digitized by Google

u den schwierigsten Aufgaben gehörte die Messung der ratur, weil der mechanische Druck auf das Thermometer den werden mufste. Deswegen waren in den Kessel den Deckel zwei unten verschlossene und so weit ver- Flintenläufe eingesenkt, dafs sie gerade dem äufseren widerstanden. Der eine derselben reichte fast bis auf den hinab, der zweite nicht bis zu einem Viertel der in beide wurde Quecksilber gegossen, und in dieses ie Thermometer hinabgelassen, deren eins die Wärme ssers, das andere die des Dampfes anzeigte; beide ten augenblicklich, wenn die Elasticität des Wassers der abnahm. Um aber die Correction wegen der un- Temperatur des Quecksilberfadens in der Röhre zu war diese beim Austritt aus dem Kessel rechtwinklig Fig. en, und das Ende derselben befand sich in einer Glas- 79. urch welche aus einem Gefäfse stets Wasser flofs, des- g veränderliche Temperatur von einem andern kleinen eter angezeigt wurde. Aus dem Stande des grofsen, nen Thermometers und dem des kleinen, welches die Wärme der Röhre des ersteren angab, liefs sich die he Correction leicht finden[1]. Bei der Einrichtung des b′ war hauptsächlich die Sicherheit berücksichtigt. Die ten Gewichte bestanden aus mehreren Stücken und daher dem jedesmal erforderlichen Drucke angepafst War dieser erreicht und wurde dann das Ventil ge- o glitt das eine Gewicht gegen die Mitte, das andere nde seines Hebelarmes, und das Ventil schlofs sich der.

Anfange jedes Versuches wurde eine der zu errei- emperatur nach Schätzung angemessene Menge Brenn- den Ofen gebracht; das Ventil und die Röhre d d′ oberen Ende blieben offen, bis durch etwa 20 Mi- es Sieden des das untere Ende des kürzeren Ther- hälters nicht ganz erreichenden Wassers alle Luft aus l getrieben war. Nachdem dann das Ventil und das r Röhre geschlossen, die Wasserströmungen bei V und nometer geöffnet worden waren, liefs man die Hitze so

[1] Zeichnung stellt blofs bei dem längeren Thermometer diese dar, bei dem kürzeren war sie die nämliche.

Digitized by Google

lange wachsen, bis ihre Zunahme nur noch unmerklich fortschritt, dann wurden die vier Thermometer des Kessels, die Höhe der Quecksilbersäule im Rohre op und der Stand des Manometers beobachtet; blofs die Gröfsen, welche dem Maximum zugehörten, wurden berechnet, die vorhergehenden und nachfolgenden dienten zunächst zur Controle etwa beim Ablesen begangener Fehler. Nachdem das Monometer und die Thermometer merklich gefallen waren, wurde neues Brennmaterial eingebracht und eine zweite Bestimmung gesucht, auf welche Weise zwar keine nach steigenden Temperaturen zusammenhängende Reihe, aber doch eine hinlängliche Anzahl verschiedener Beobachtungen erhalten wurde. Die anfangs gehegte Absicht, bis zu 30 Atmosphären zu gelangen, liefs sich nicht erreichen, weil zu viel Wasser und Dampf aus dem Kessel entwich, und man gelangte daher nur bis zu 24 Atmosphären[1]. Die folgende Tabelle enthält die berechneten Resultate.

Zeit der Beob.	Thermometer kleines	Thermometer grofses	Elasticität Quecksilber bei 0° in Met.	Elasticität Atmosphären von 0,76 Met.
29. Oct.	122°,97	123°,70	1,6295	2,140
25. —	132,58	132,82	2,1767	2,870
28. —	132,64	133,30	2,1816	2,880
28. —	137,70	138,30	2,5386	3,348
29. —	149,54	149,70	3,4759	4,584
28. —	151,87	151,90	3,6868	4,860
25. —	153,64	153,70	3,8810	5,120
2. Nov.	163,00	163,40	4,9383	6,510
30. Oct.	168,40	168,50	5,6054	7,391
28. —	169,57	169,40	5,7737	7,613
23. —	171,88	172,34	6,1510	8,114
28. —	180,71	180,70	7,5001	9,893
25. —	183,70	183,70	8,0325	10,600
28. —	186,80	187,10	8,6995	11,480
22. —	188,30	188,50	8,8400	11,660
25. —	193,70	193,70	9,9989	13,190

1 Nach diesen Erfahrungen müssen die Angaben von Perkins, welcher mit seinen Hochdruckmaschinen viel weiter gekommen will, an Vertrauen verlieren.

it der eob.	Thermometer kleines	Thermometer grofses	Elasticität Quecksilber bei 0° in Met.	Elasticität Atmosphären von 0,76 Met.
Oct.	198°,55	198°,50	11,0190	14,530
—	202,00	201,75	11,8620	15,650
—	203,40	204,17	12,2903	16,210
—	206,17	206,10	12,9872	17,130
Nov.	206,40	206,80	13,0610	17,230
Oct.	207,09	207,40	13,1276	17,300
—	208,45	208,90	13,6843	18,050
—	209,10	209,13	13,7690	18,160
—	210,47	210,50	14,0634	18,550
—	215,07	215,30	15,4995	20,440
—	217,23	217,50	16,1528	21,310
—	218,30	218,40	16,3813	21,600
—	220,40	220,80	17,1826	22,660
—	223,88	224,15	18,1894	23,994

Abweichung der beiden Thermometer beträgt im Ma-
°,7 und wird geringer, je höher die Temperatur steigt,
dann gebildete dichtere Dampf leichter Wärme an die
iserne Röhre, worin sich das kürzere Thermometer
bgab, und dieses weniger durch die Ausstrahlung des
erlor. Nach Erwägung aller Umstände erscheinen die
des längeren Thermometers als die zuverlässigsten.
tenen Werthe, als Ordinaten genommen, bildeten eine
ge Curve, in welche alle Endpuncte genau fielen,
lso die Beobachtungen für zuverlässig gelten können.
stimmten sie blofs mit den durch SOUTHERN und
bis zu einem Drucke von 8 Atmosphären gefundenen
ARZBERGER aber legte einer Temperatur von 222° C.
ick von 20 Atmosphären bei, die einem solchen von
phären zugehört, und überhaupt scheint derselbe we-
Einrichtung des zum Messen dienenden Ventils die
uren stets zu hoch gefunden zu haben, weil das Ther-
dem unmittelbaren Drucke des heifsen Wassers aus-
ar[1].

Der wesentlichste Theil der Aufgabe ist, die Rela-
chen den Temperaturen und den zugehörigen Elasti-

[1] rgl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 885 u. 889.

Digitized by Google

citäten des Dampfes durch eine Gleichung auszudrücken. D früheren Versuche zur Lösung dieses Problems sind im *Dampf* angegeben[1], und von denjenigen Formeln, welche mitgetheilt wurden, werden einige auch hier, aber als un lässig, genannt. Diese sind die von Prony, wonach für Spannkraft = z und die Temperatur = x in Centesi graden

$$z = \mu_{,} \varrho_{,}^{x} + \mu_{,,} \varrho_{,,}^{x} + \mu_{,,,} \varrho_{,,,}^{x} \ldots$$

seyn soll. Die Länge des Calcüls zur Bestimmung der stanten und auch nach der Auffindung derselben macht verwerflich. Ebenso wenig scheint den Berichterstatter von Laplace vorgeschlagene, auch wie sie durch Biot ändert worden ist, zweckmäfsig, und noch weniger d Ure, die nicht einmal als ein allgemeiner Ausdruck kann, sondern nur einige Verhältnisse zwischen den Te raturen und den Spannkräften angiebt.

Von den späteren Versuchen, eine allgemeine Gl für die den Temperaturen zugehörigen Spannkräfte d serdampfes aufzufinden, mögen hier zuerst diejenigen welche die gelehrten Berichterstatter in ihrer schätzbar handlung gleichfalls anführen. Es wird dieses dazu d den Weg näher zu bezeichnen, auf welchem diese zu endlichen Resultaten gelangten; eine nähere Prüfung ihr ser Leistungen wird demnächst folgen. Zuerst finden von Laplace gewählte Methode, die Elasticität der D durch eine Reihe mit zunehmenden Exponenten der Te turen auszudrücken, nicht zweckmäfsig und daher a durch Ivory[2] hiernach aufgestellte Formel verwerflich. Argumentationen von Roche[3] stimmen sie zwar nicht b doch drückt die von ihm aufgestellte Formel die von beobachteten Gröfsen sehr genau aus. Für Temperatur

---

1 Eine ausführliche gelehrte Untersuchung von Dieterici Elasticität des Dampfes, worin aber zunächst nur das Wa Dampf- und Gasform als die Wirkung anziehender und abs Kräfte, nach der bekannten Ansicht von Laplace, in Betr kommt, glaube ich hier, wenn auch nur kurz, erwähnen zu S. Berliner Denkschr. 1830. Math. Th. S. 1.

2 Philos. Mag. and Ann. T. I. p. 1.

3 Ann. de Chim. et Phys. 1830. Janv. Bullet. des Scien T. XIII. p. 193.

imalgraden, über 100° positiv, unter 100° negativ, ist
cität im Millimetern:

$$f = 760 \times 10^{\frac{mx}{1+0{,}03x}},$$

n hierin aus ihren Beobachtungen der mittlere Werth
= 0,1644 gesetzt, die Formel aber für t invertirt wird,

$$= \frac{11\,(\text{Log. f} - \text{Log. 760})}{0{,}1644 - 0{,}03\,(\text{Log. f} - \text{Log. 760})}.$$

AUGUST[1] aufgefundene Formel verwerfen sie deswe-
l nach ihr eine Spannung von 24 Atmosphären einer
ur von 214°,37 C. des Luftthermometers zugehören
statt dafs ihre Beobachtungen 220°,33 (224°,2 des
erthermometers) gaben. Nach TREGASKIS[2] sollen die
en in einer geometrischen Reihe vom Verhältnifs = 2
wenn die Temperaturen gleichfalls in einer geome-
Reihe vom Verhältnifs = 1,2 zunehmen, allein dieses
it ihren Messungen nicht überein. Eine wichtige, von
ehene, schon damals bekannte Formel wird von den
tattern gleichfalls geprüft[3]. Diese, von den meisten
n Gelehrten später beibehaltene ist von THOMAS
Dieser gelehrte Physiker benutzte die Messungen
lich von DALTON, aufserdem aber auch von SCHMIDT,
URT, BIKER und Andern, und glaubte gefunden zu
afs die allgemeinen Ausdrücke

$$e = 0{,}1781\,(1 + 0{,}006\,f)^7,$$

$$e = 0{,}18 + 0{,}007\,f + 0{,}00019\,f^2,$$

ür hohe, letzterer für niedere Temperaturen, mit den
ngen genügend übereinstimmen, wenn e die Elasticität
chen Zollen und f Grade der Fahrenheit'schen Scale,
an gezählt, bezeichnen. Die Vergleichung der be-
und beobachteten Werthe ergiebt, dafs sie das ver-
setz allerdings bis zur Siedehitze des Wassers genau
giebt, in den höheren Temperaturen zeigt sie aber

---

ggendorff's Ann. XIII. 122.
linburgh Journ. of Science. N. XIX. p. 65. N. XX. p. 282.
ectures on Nat. Philos. T. II. p. 400.

Digitized by Google

bedeutende Abweichungen von den wenigen ihm damals kannten Messungen. Die französischen Akademiker l blofs die erste Formel berücksichtigen, weil ihre Beob gen den Temperaturen über der Siedehitze zugehören, diese ist es auch allein, welche die späteren englischen ker beachtet haben. CRICHTON[1] änderte in dieser F blofs den Exponenten, indem er ihn = 6 nahm, wei die Messungen von URE besser damit übereinstimmte. SOUTHERN[2] wählte statt dessen 5,13. Inzwischen gab GOLD[3] jenem höheren Exponenten den Vorzug, dess Formel ist:

$$t = 85 \sqrt[6]{f} - 75,$$

wenn t die Temperaturen in Centesimalgraden von 0° z

---

1 Philos. Magaz. T. LIII. p. 266.

2 ROBISON Mech. Philos. T. II. p. 172. Daselbst ist e Brief, welchen SOUTHERN an WATT schrieb, abgedruckt. k mal, ausführlicher bezeichnet, ist für t = der Temperatur nach F.; e = Elasticität nach der Quecksilberhöhe in engl wenn T = t + 52; E = e − $\frac{1}{10}$; m = 94250000000 bezeichn

$$E = \frac{T^{5,14}}{m} \text{ und } T = \sqrt[5,14]{E\,m},$$

und da die Rechnung sich leichter mit Logarithmen anstellen

$$\text{Log. } E = 5{,}14 \text{ Log. } T - 10{,}97427,$$
$$\text{Log. } T = \frac{\text{Log. } E + 10{,}97427}{5{,}14}.$$

Noch bessere Uebereinstimmung erhielt er, wenn T = t − m = 87344000000 und der Exponent = 5,13 genommen wird der Voraussetzung, dafs der Siedepunct des Thermometers = bei 80 Z. engl. bestimmt wurde. Dann sind die beiden Form

$$\text{Log. } E = 5{,}13 \text{ Log. } T - 10{,}94128,$$
$$\text{Log. } T = \frac{\text{Log. } E + 10{,}94128}{5{,}13}.$$

3 Traité des Machines à vapeur. 1828. 4. Traduit de M 101. Die Formel in ihrer einfachsten Gestalt, für y = der L Quecksilbersäule in Centimetern und x in Centesimalgraden re gerechnet, ist folgende:

$$y = (a + bx)^6.$$

Wird diese für x invertirt, und werden die Constanten a u Beobachtungen bestimmt, so erhält man die im Texte ang worin aber die Constanten durch MELLET etwas abgeändert wur Vergl. LAMÉ Lehrb. d. Physik. Gieſsen 1838. Th. I. S. 452.

Digitized by Google

sticitäten in Centimetern der Quecksilbersäule bezeich-
RIOLIS[1] endlich wählte für seine Formel den Ex-
= 5,355. Sie ist für f = der Elasticität in Atmo-
nter dem Drucke einer Quecksilbersäule von 0,76 Me-
ür t in Centesimalgraden von 0° an:

$$f = \left(\frac{1 + 0{,}01878\,t}{2{,}878}\right)^{5{,}355},$$

$$t = \frac{2{,}878\sqrt[5{,}355]{f} - 1}{0{,}01878}.$$

anten hierin sind aus DALTON's Versuchen über 100° C.
lenen der französischen Akademiker entnommen, die sie
provisorischen Berichte bekannt machten. Die Formel
hr wenig von derjenigen ab, welche die französischen
er bei der Berechnung der eben mitgetheilten Tafel
n, da sie die äufsersten Beobachtungen völlig genau
, und bei den zwischenliegenden nur um etwa 0°,2
abweicht. Der gröfseren Bequemlichkeit wegen geben
s der folgenden:

$$f = (1 + 0{,}7153\,.\,t)^5,$$

$$t = \frac{\sqrt[5]{f} - 1}{0{,}7153}$$

ug, worin f die Elasticität in Atmosphären von 0,76
ecksilberdruck und t die Temperatur in Centesimal-
on 100° an gerechnet, oberhalb positiv und unterhalb
bezeichnen, das Intervall von 100° als Einheit ge-

Sehr interessant ist dann folgende Zusammenstel-

---

1 calcul de l'effet des Machines 1829. 4. p. 58.

Digitized by Google

Beobacht. Elasticität		Temperaturen				
Meter der Quecksilbersäule	Atmosph. zu 0,76 Met.	beobachtet	berechnet	nach Tredgold	nach Roche	nach Corio lis
1,6292	2,1400	123°,7	122°,97	123°,54	123°,58	123°,
2,1816	2,8705	133,3	132,90	133,54	133,43	133
3,4759	4,5735	149,7	149,77	150,39	150,23	150
4,9383	6,4977	163,4	163,47	164,06	163,90	164
5,6054	7,3755	168,5	168,70	169,07	169,09	169
8,8400	11,6320	188,5	188,60	188,44	188,63	189
13,0610	17,1850	206,8	207,20	206,15	207,04	207
13,1370	17,2850	207,4	207,50	206,30	207,94	207
14,0634	18,5040	210,5	210,80	209,55	210,30	210
16,3816	21,5550	218,4	218,50	216,29	218,01	218
18,1894	23,9340	224,15	224,02	222,09	233,40	224

536) Aus dieser Tafel ergiebt sich die nahe Uebere mung der nach allen Formeln berechneten Werthe mit beobachteten, am meisten aber ist dieses der Fall für die ringeren Pressungen bei der von Tredgold, für die gr dagegen bei der der französischen Akademiker, die aber gleich für Werthe unter 100° C. für gar nicht anwendbar klärt wird, weil die Abweichungen mit den Verminder der Temperatur fortwährend wachsen. Die Ursache hie soll darin liegen, dafs die einzige in dieser, allerdings seh quemen Formel eingeführte Constante aus der letzten, al der der höchsten Temperatur zugehörigen Beobachtung ent men worden ist. Aus diesem Grunde aber wird als sehr w scheinlich vorausgesetzt, dafs die Formel auch für höhere peraturen, mithin so weit, als die technische Anwendu fordert, hinlängliche Genauigkeit gewährt, und es sind in der folgenden Tabelle die Werthe für die ersten 4 mosphären nach Tredgold's Formel, für die folgenden der der französischen Akademiker berechnet zusammengest

Elasticität in Atmosphären	Quecksilberdruck in Metern	Temperaturen	Druck gegen ein Quadratcentimeter
1,0	0,76	100°,00	1,033 Kilogr.
1,5	1,14	112,20	1,549 —
2,0	1,52	121,40	2,066 —
2,5	1,90	128,80	2,582 —
3,0	2,28	135,10	3,099 —
3,5	2,66	140,60	3,615 —
4,0	3,04	145,40	4,132 —
4,5	3,42	149,06	4,648 —
5,0	3,80	153,08	5,165 —
5,5	4,18	156,80	5,681 —
6,0	4,56	160,20	6,198 —
6,5	4,94	163,48	6,714 —
7,0	5,32	166,50	7,231 —
7,5	5,70	169,37	7,747 —
8	6,08	172,10	8,264 —
9	6,84	177,10	9,297 —
10	7,60	181,60	10,330 —
11	8,36	186,03	11,363 —
12	9,12	190,00	12,396 —
13	9,88	193,70	13,429 —
14	10,64	197,19	14,462 —
15	11,40	200,48	15,495 —
16	12,16	203,60	16,528 —
17	12,92	206,57	17,561 —
18	13,68	209,40	18,594 —
19	14,44	212,10	19,627 —
20	15,20	214,70	20,660 —
21	15,96	217,20	21,693 —
22	16,72	219,60	22,726 —
23	17,48	221,90	23,759 —
24	18,24	224,20	24,792 —
25	19,00	226,30	25,825 —
30	22,80	236,20	30,990 —
35	26,60	244,85	36,155 —
40	30,40	252,55	41,320 —
45	34,20	259,52	46,485 —
50	38,00	265,89	51,650 —

) Durch Rudberg veranlafst unterwarf Srasky[1] die ungen der französischen Akademiker und die aus ihleitete Formel einer scharfen Prüfung, und fand, dafs

[1] ggendorff's Ann. XXX. 331.

Digitized by Google

von 3,3 Atmosphären an die beobachteten Werthe stets
gröfser sind, als die berechneten, und zwar um Unterschi
deren Maximum bei 18 Atmosphären 0°,27 beträgt. Die
rechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate ergib
nen Fehler des Coefficienten der Formel von — 0,0037
und des Exponenten von + 0,00132595. Hiernach wird
Coefficient der Dulong'schen Formel statt 0,7153 nicht
= 0,719, der Exponent 5 aber = 4,9987, und die verbes
Formel heifst also:

$$f = (1 + 0{,}719\,t)^{4{,}9987}$$

und

$$t = \frac{\sqrt[4{,}9987]{f} - 1}{0{,}719},$$

welche allerdings die beobachteten Werthe sehr genau darst
indem die Differenzen bald positiv, bald negativ sind,
Summe ihrer Quadrate aber nur 0,14858 beträgt, statt da
nach der Dulong'schen Formel = 0,80718 ist.

538) Ehe wir zu demjenigen übergehn, was spät
diese Formel oder überhaupt in Beziehung auf einen allg
nen analytischen Ausdruck der Elasticitäten des Wasserdam
vorgebracht worden ist, müssen wir zuvor den wesentlichen I
einer sehr gediegenen Arbeit mittheilen, welche sich über
Problem im Allgemeinen und über die verschiedenen Ver
dasselbe zu lösen, verbreitet, um so mehr, als die so eben
getheilte Formel blofs für Temperaturen über der Siedehitze
Wassers anwendbar und blofs auf die Resultate der Ver
gegründet ist, die wir den höchst schätzbaren Bemüh
der französischen Akademiker verdanken. Eggs[1] beschä
sich in seiner Abhandlung blofs mit dem mathematischen T
der Aufgabe, indem er für die bereits bekannt gewor
Messungen einen allgemeinen analytischen Ausdruck zu f
sucht. Da hierbei zugleich alles dasjenige berücksichtigt wo
ist, was der Art. *Dampf* dieses Werkes enthält, so kö
wir hierüber schnell hinweggehn, und es wird genügen,
dasjenige aufzunehmen, was zur Erhaltung des Zusamme
ges dieser schätzbaren Uebersicht der wesentlichsten Fo

1 Poggendorff's Ann. XXVII. 9.

gen unentbehrlich ist, wobei wir die Nachweisung der u ergänzen uns erlauben werden.

r stellt drei Reihen von Messungen zusammen, die genauesten zu seyn scheinen, so schwierig es auch ist, h bei niederen Graden merkliche Fehler in den An- r Thermometer und Barometer zu vermeiden. Für ter dem Gefrierpuncte wählt er folgende:

emperatur	Expansivkraft		Beobachter
– 19°,59 C.	$\frac{1}{361}$	Atmosph.	Gay-Lussac[1]
– 12,50	$\frac{1}{312}$	—	Muncke[2]
– 6,62	$\frac{1}{223}$	—	August[3]
– 6,25	$\frac{1}{223}$	—	Muncke[2]
– 4,44	$\frac{1}{200}$	—	Dalton[4]
0,00	$\frac{1}{150}$	—	Gay-Lussac[1], Dalton[4], Ure[5], August[3]
– 4,44	$\frac{1}{171}$	—	Ure[5]
0,00	$\frac{1}{165}$	—	Muncke[2]

Temperaturen zwischen den beiden festen Puncten des eters scheinen ihm die Messungen von Dalton und angemessensten. Die Elasticitäten sind in englischen lgende:

peraturen	Elasticitäten		Temperaturen	Elasticitäten	
)°,00 C.	0,200	Zoll	40°,89 C.	3,30	Zoll
4,44	0,266		60,00	5,76	
0,00	0,365		76,67	12,04	
5,56	0,520		87,78	19,00	
1,11	0,720		93,33	23,60	
9,44	1,170		98,89	28,88	
2,22	1,360		100,00	30,00	
7,78	1,860				

kommen für die höheren Temperaturen die Beobach- er pariser Akademiker allein in Anwendung, und die- wohl fortwährend geschehen müssen, bis neue Ver-

---

ot Traité T. I. p. 286. Statt der in Art. *Dampf* Bd. II. S. 6 angegebenen — 15°,67 C. ist — 15°,67 R. zu lesen.

ysikal. Abhandl. Giefs. 1816. S. 195.

ggendorff's Ann. XIII. 133.

anchester Mem. T. V. S. 550.

ilos. Trans. 1818. p. 356. Schweigger's Journ. XXVIII. 329.

Digitized by Google

suche mit gleicher oder noch gröfserer Genauigkeit ang
worden sind, was so bald nicht zu erwarten steht. Eine
bindung derselben mit den früheren könnte der Rich
nur Abbruch thun.

539) Die zunächst folgende Beurtheilung der früheren
meln stimmt im Ganzen mit dem überein, was in Bezi
auf dieselben bereits gesagt worden ist[1], und wir begnüg
daher, die Abweichungen und nöthigen Verbesserungen in
kungen hinzuzufügen. Die erwähnten Formeln sind nem
beiden von Prony, die von G. G. Schmidt, von Sm
und Laplace mit Rücksicht auf die Modificationen, w
diese durch Biot erhielten. Diesen ähnlich ist die von
in Vorschlag gebrachte Formel, worin die Coefficienten a
Beobachtungen von Ure bestimmt sind. Hiernach ist für
silberhöhen in englischen Zollen und Thermometergrad
Fahrenheit die Elasticität ε:

$$\text{Log. } \varepsilon = 30 + 0{,}0087466\,(t-212) - 0{,}000015178\,(t-212)^2 + 0{,}000000024825\,(t-212)^3.$$

Bei den letzten drei Formeln wurden nur so viele Beob
gen aufgenommen, als zur Bestimmung der Coefficienten
waren, Paucker[3] aber wandte auf alle zwischen den
festen Puncten des Thermometers liegende die Methode
kleinsten Quadrate an, und erhielt dann für englische Zoll
Temperaturen nach der 80theil. Scale:

$$\text{Log. } \varepsilon = 30 - 0{,}019127878274\,(80-t) - 0{,}0001096547488\,(80-t)^2 + 0{,}00000010953936\,(80-t)^3.$$

Die dritte Formel dieser Art ist die von Kämtz[4], w
aber haben den gemeinschaftlichen Fehler, dafs sie bei
Anwendung auf sehr hohe Temperaturen zu widersinnig
sultaten führen, indem die Elasticität des Dampfes
wieder abnimmt oder gar negativ wird. Man vermindert
sen Fehler durch die Aufnahme mehrerer Glieder, aber
werden sie durch ihre Weitläuftigkeit unbrauchbar. Wa

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 321 ff.

2 Philos. Magaz. and Ann. T. I. p. 1. Sie ist neuer, s
Art. *Dampf.*

3 Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Q
summe auf physikalische Beobachtungen. Mitau 1819. 4. S. 35

4 Untersuchungen über die Expansivkraft der Dämpfe.
1826. 8. Vergl. Art. *Dampf.* S. 345.

Digitized by Google

chtungen, hauptsächlich in den niederen Graden, an- und nur für die höheren und höchsten abweichend mel von August[1], welcher bemerkte, dafs die Expan- Wasserdampfes für gleichmäfsig wachsende Tempe- ne geometrische Reihe mit abnehmenden Exponenten nd hiernach annahm, dafs sie durch die allgemeine

$$e = a m^{\frac{1}{1+\beta t}}$$

ücken lassen. Indem er hierin die einzelnen Gröfsen nnten Werthen bestimmte, so erhielt er für metrisches Centesimalgrade

$$\text{Log. } \varepsilon = \frac{23{,}945371\, t}{800 + 3t} - 2{,}2960383,$$

$$t = \frac{800}{3} \cdot \frac{2{,}2960383 + \text{Log. } \varepsilon}{5{,}6857520 - \text{Log. } \varepsilon}.$$

lytische Ausdruck hat noch den Vorzug, dafs er für en Temperaturen nicht zu Ungereimtheiten führt, doch 5) bemerkt worden, dafs er für hohe Temperaturen Beobachtungen bedeutend abweichende Werthe giebt. Egen führt einige vergebliche Versuche, die Relatio- hen den Temperaturen und den Elasticitäten des Was- auszudrücken, die im Artikel *Dampf*[2] nur beiläufig worden sind, weiter aus. Dahin gehört zuerst das on aufgestellte Gesetz, wie dieses durch Gilbert[3] t worden ist. Werden die Temperaturunterschiede sen von 11°,25 F. gemessen, und nennt man 1,25 = a, b, so gehören folgende Temperaturen und Expansiv- ander zu:

---

den von Kämtz zusammengestellten mittleren Werthen der sten Messungen fand er, dafs die Divisionen jeder folgenden ch die vorhergehende gleichmäfsig abnehmende Quotienten s ist nämlich $\frac{4{,}62}{2{,}10} = 2{,}20$; $\frac{10{,}08}{4{,}62} = 2{,}18$; $\frac{20.35}{10{,}08} =$ Wären alle Quotienten gleich, so bildeten die Elasticitäten etrische Reihe und könnten durch $e = a m^t$ ausgedrückt

II. S. 829. 833. 847.

sen Annalen Bd. XV. S. 34.

Digitized by Google

Temperaturen.	Elasticitäten in engl. Zoll.
212	30
212 + 1 (11,25) .	30 $^{(a-b)}$
212 + 2 (11,25) .	30 $^{(a-b)\,(a-2b)}$
⋮	⋮
212 + m (11,25) .	30 $^{(a-b)\,(a-2b)\,(a-3b)\ldots(a-}$

Ferner für Temperaturen unter dem Siedepuncte:

Temperaturen.	Elasticitäten.
212	30
212 − 1 (11,25) .	30 $\frac{1}{a}$
212 − 2 (11,25) .	30 $\frac{1}{a\,(a+b)}$
212 − 3 (11,25) .	30 $\frac{1}{a\,(a+b)\,(a+2b)}$
⋮	⋮
212 − m (11,25) .	30 $\frac{1}{a\,(a+b)\,(a+2b)\ldots(a+(m-1)}$

Dafs diese Ausdrücke fehlerhaft sind, ergiebt sich bald, zuerst haben sie keine allgemeine Gültigkeit, weil für m ganze Zahlen zulässig sind. Setzt man ferner mb= also m = 16, so giebt dieses das Maximum der Expansi für 212° + 180° = 392° F, und von hier an werden die Ex sivkräfte wieder abnehmend. Setzt man mb = 1,25, so man für die Temperatur 1145°,75 F. die Spannkraft = 1 und sie bleibt bei allen höheren Temperaturen unver Ebenso verhält es sich mit der von Ure angegebenen welche Egen auf folgende Weise anschaulich macht.

Temperaturen.	Elasticitäten in engl. Zoll.
210° F.	28,9
210 + 10	28,9 (1,23)
210 + 2 × 10 . . .	28,9 (1,23) (1,22)
⋮	⋮
210 + m . 10 . . .	28,9 (1,23) (1,22) . . . . (1,23 − m.

Ferner für abnehmende Temperaturen:

210 − 10	28,9 : (1,24)
210 − 2 × 10 . . .	28,9 : (1,24) (1,25)
⋮	⋮
210 − m . 10 . . .	28,9 : (1,24) (1,25) . . . (1,23 + m.

=23, also 440° F. erhält man das Maximum der Elasti-
n da an nimmt sie ab, und wird für m = 123 oder für
=0, was unmöglich mit dem Naturgesetze bestehn.
)ie von Evans aufgestellte Regel, dafs die Elasticität
16⅔ Grad C. verdoppele, gilt zwar für 80° C., unter
er bedarf es einer geringeren, über derselben einer grö-
ärmezunahme, wenn die Expansivkraft sich verdoppeln
on hieraus ergiebt sich, dafs die von Christian[1] auf-
Regel, die Elasticität werde durch eine Temperaturer-
on 22° C. verdoppelt, nicht allgemein gültig sein kann;
nur unmittelbar über dem Siedepuncte. Ueber seine
e Formel ist am gehörigen Orte[2] ausführlich gehandelt
Die von den französischen Akademikern (§. 535) gleich-
vorfene Formel von Tregaskis[3] ist auf die Voraus-
egründet, dafs die Elasticitäten und Temperaturen geo-
Progressionen bildén, deren Exponenten 1 und 1,2
en. Hiernach wäre

$$\varepsilon = 2^{\frac{\text{Log. } t-2}{\text{Log. } 1{,}2}}$$

---

canique industrielle. T. II. p. 240. Diese Formel wird als
se geeignet zur Berechnung des Effectes der Dampfmaschi-
hutz genommen durch Bezaine, in Mém. de l'Acad. de Pe
e Sér. T. II. Livr. III. Sobald man blofs diesen Zweck im
läfst sich dagegen nichts einwenden; denn der gewöhnliche
Dampfmaschinen ist der atmosphärische oder ein nur wenig
and wenn man auch zu höheren Pressungen bei den soge-
ochdruckmaschinen übergeht, so geschieht dieses doch nicht
lchen Ausdehnung, dafs hieraus bedeutende Abweichungen
ufgestellten Regel erwachsen könnten. Ganz anders aber
ich die Sache, wenn von einer Formel die Rede ist, die eben-
e Elasticitäten bei sehr niederen, als auch bei sehr hohen
ren den Messungen genügend ausdrücken soll. Eben die-
ich sagen über das durch Dufour ausgesprochene Gesetz,
ir die Zunahme des Druckes um eine Atmosphäre von 100°
ets abnehmende Vermehrung der Thermometergrade annimmt.
gehören für 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 u. s. w. Atmosphären Druck
eraturen: 100; 122; 135; 145; 153; 160; 166 u. s. w., deren
de = 22; 15; 10; 8; 7; 6 u. s. w. sind.
Art. *Dampf.* Bd. II. S. 337.
n. de Chim. et Phys. 1830. Janv. Edinburgh Journ. of
l. XIX. p. 68. N. XX. p. 282.

Digitized by Google

$$\text{Log. } \varepsilon = \frac{(\text{Log. } t - 2)\ \text{Log. } 2}{\text{Log. } 1{,}2},$$

doch weicht dieses in höheren Temperaturen sehr merklich den Beobachtungen ab.

Young's Formel und die von Southern sind oben (§. erwähnt worden, es wird hier aber hinzugesetzt, dafs Farey in seinem grofsen Werke über Dampfmaschinen[1] der Gröfse $T = t + 52$, welche Southern selbst in $T = t +$ verwandelt hatte, die Gröfse $T = t + 51{,}3$ wählte. We man diese unbedeutend veränderte Formel an, so zeigen folgende Abweichungen der nach ihr berechneten und sichere Beobachtungen gefundenen Werthe:

Expansivkraft	Temperaturen wahre	Temperaturen berechnete	Unterschiede
$\frac{1}{10}$ Atmosph.	0°,0 C.	1°,6 C.	+ 1°,6
2 —	121,1	121,1	0,0
4 —	145,0	145,5	+ 0,5
8 —	171,8	173,3	+ 1,5
16 —	203,1	204,6	+ 1,5
24 —	224,2	225,4	+ 1,2

In niedrigen und sehr hohen Temperaturen weicht sie al meisten ab, weniger aber, als irgend eine der frühern Fo Die ihr fast gleiche von Crichton wird hier blofs be erwähnt, sie heifst aber, wie Poggendorff in einer A kung hinzusetzt:

$$6\,[\text{Log. } (t + 85) - 2{,}22697] = \text{Log. } (\varepsilon - 0{,}09$$

Ebenso giebt Egen nur kurz die Formel von Conto prüft aber näher die von Tredgold, welche nach ihm in Graden nach F. und $\varepsilon' =$ der Elasticität in englische len der Quecksilbersäule heifst:

$$\varepsilon' = \frac{(t' + 100)^6}{177},$$

nach Mellet aber für Meter und Centesimalgrade:

$$100\,\varepsilon'' = \frac{(t + 73)^6}{84},$$

oder besser

$$100\,\varepsilon'' = \frac{(t + 75)^6}{85}.$$

---

1 A Treatise on the Steam-Engine. Lond. 1828. 4. p. 72.

ifung derselben giebt folgende Resultate:

Expansivkraft	Temperatur wahre	Temperatur berechnete	Abweichung.
$\frac{1}{10}$ Atmosph.	0°,0 C.	1°,3 C.	+ 1°,3 C.
0,25 —	65,5	63,8	— 1,7
0,5 —	81,7	80,9	— 0,8
2 —	121,1	121,4	+ 0,3
4 —	145,0	145,4	+ 0,4
8 —	171,8	172,4	+ 0,6
0 —	214,7	213,2	— 1,5
4 —	224,2	222,1	— 2,1

also die Unterschiede gröfser sind, als wenn man nach Formel rechnet. Die von den französischen Akade- gefundene Formel weicht von den Beobachtungen bei Temperaturen noch stärker ab, als die zuletzt erwähn- höhere Temperaturen über der Siedehitze nur um 0°,6, sie also in diesem Bereiche für ziemlich genau gelten

llich prüft Egen noch diejenigen Formeln, welche auf sche Gründe gestützt sind. Dahin gehört zuerst die von , worüber er auf gleiche Weise urtheilt, als bereits oben[1] en ist. Mayer's Formel verwirft er deswegen, weil sehr von den Beobachtungen der pariser Akademiker ende Resultate giebt. Eben dieses ist der Fall, wenn ihr die aus Arzberger's Versuchen entnommenen en einführt[2], oder diejenigen, welche Kämtz[3] aus 's Messungen mittelst der Methode der kleinsten Qua- funden hat, wonach sie für pariser Zolle und Grade nach :

$$\varepsilon = 5{,}626 + \text{Log.}\,(213{,}34 + t) - \frac{1680{,}5944541}{213{,}34 + t},$$

also nach Egen diese Formel, ungeachtet der grofsen samkeit, die man ihr in Deutschland geschenkt hat, zu verwerfen scheint. Die zuletzt gleichfalls erwähnte von Roche ist oben (§. 535) schon mitgetheilt worden.) Ehe wir die weiteren Untersuchungen hier aufnehmen,

---

Art. *Dampf.* Bd. II. S. 842. Vergl. G. LXXVI. 280.
uch hierüber s. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 843 ff.
ntersuchungen über die Expansivkraft der Dämpfe. Halle 1826.

Digitized by Google

sey es uns erlaubt, einige Bemerkungen vorauszuschicken. die Mayer'sche Formel in der That so verwerflich sey, als angenommen wird, bleibt noch immer fraglich. Auf jeden sind die Principien, worauf sie beruhet, nicht durchaus werflich, das Mittel der Prüfung aber, sie den späteren Me gen, namentlich denen der Pariser Akademiker, anzupassen, nothwendig als unzulässig erscheinen. Ein Hauptelement selben ist der Coefficient der Ausdehnung expansibler Flü keiten durch Wärme. Dieser ist $= \frac{1}{213}$ nach der 80theil. S also 0,003755 für 1° C. angenommen, und da er nach neuesten Untersuchungen (§. 493) nur 0,003646 beträ konnte schon aus diesem Grunde die numerische Entwick der Formel keine richtigen Gröfsen geben. Zur Bestim der Constanten wurden die Resultate der damals bekannte sungen, und unter diesen die von Arzberger, genommen aber viele der ersteren und namentlich die letzteren mit Pariser Messungen als falsch erscheinen, so war es Arzberger noch für Kämtz möglich, auf diesem Wege einer den Beobachtungen der Pariser Akademiker ge Formel zu gelangen. Endlich nahm Mayer den atmos schen Luftdruck zu 336 Par. Linien an, statt dafs derselbe Meter oder 336,905 Par. Linien beträgt, wonach also die stimmungen für Atmosphären im Verhältnifs von 336:33 zu klein sind. Inzwischen könnte Letzteres keine sehr b tenden Unterschieden herbeiführen, wenn nur die für d Temperaturen zum Grunde gelegten Messungen genauer allein die französischen Akademiker bemerken (§. 534), die Temperatur von 222° C., welche Arzberger für 2 mosphären gefunden hat, nach ihnen einem Drucke v Atmosphären zugehöre, der Unterschied der Temperatur diese beiden Pressungen beträgt aber 7°,2 C., und hieraus daher nothwendig, dafs alle nach einer Formel berec Temperaturen, worin jene Messungen eingeführt sind, m mend zu hoch seyn müssen. Vergleichen wir die den b Pressungen zugehörigen Temperaturen, wie sie im Art. nach der Mayer'schen Formel berechnet worden sind, m durch die französischen Akademiker gefundenen, so erhal folgende Unterschiede in genäherten Werthen:

mosphären	Temperaturen Mayer	Akademiker	Unterschiede.
5	155° C.	153° C.	2° C.
10	185	181	4
15	205	200	5
20	221	214	7

ergiebt sich, dafs die Formel mit einem Fehler behaf-
welcher durch Einführung richtiger Constanten wegfal-
le. Der Mangel an Uebereinstimmung der nach ihr
en Werthe mit den Pariser Messungen, die bei der
ung der Constanten gar nicht, statt ihrer aber erwiesen
erücksichtigt wurden, beweiset also durchaus nicht
e Zulässigkeit, vielmehr ist es rücksichtlich ihrer Ein-
und Bequemlichkeit, wie nicht minder der Richtigkeit
ipien, die bei ihr zum Grunde liegen, allerdings der
rth, nach Einführung neuer Constanten zu versuchen,
die nach ihr berechneten Werthe mit den genauesten,
obachtungen gefundenen übereinstimmen.

zweite Bemerkung betrifft die Frage, welche bereits
vurde[1], ob nämlich die Elasticität des Dampfes über
epuncte des Wassers anderen Gesetzen unterliege, als
nselben. Nach abermaliger Prüfung glaube ich dieselbe
t noch verneinen zu müssen, und zwar aus dem ein-
runde, weil das Sieden nicht an eine gewisse Tem-
ebunden ist, sondern lediglich vom Luftdrucke abhängt,
ich keinen Wendepunct der Elasticitäten herbeiführen
Man könnte auch noch das Argument geltend machen,
Wärme des Dampfes, welche seine Elasticität bedingt,
tante Gröfse ist, sobald wir die Summe der latenten
sensiblen nehmen, und also auch hier keine Grenze
ufser dann, wenn die latente $=0$ wird, also etwa bei
Ist aber diese Annahme gegründet, so kann auch die
er französischen Akademiker nicht völlig richtig seyn,
ie Elasticitäten des Dampfes unter dem Siedepuncte
au ausdrückt, vielmehr mufs man bei der Auffindung
en Formel sowohl die geringsten, als auch die gröfs-
icitäten berücksichtigen, was auch bei spätern Versu-
chehen ist.

---

[1] Art. *Dampf.* Bd. II. S. 550.

Digitized by Google

542) Egen hielt es nicht für räthlich, auf theoretische A gumentationen eine Formel zu gründen, weil uns die eig chen Gesetze für das Verhalten der Wärme rücksichtlich durch sie bewirkten Expansion noch nicht hinlänglich b sind, und er zog daher vor, diese aus den ihm als die g sten erscheinenden Messungen zu entwickeln, indem er die Reihe aufsuchte, welche die Temperaturen für eine geom Progression der Elasticitäten bilden. Hierzu verhalf ihm Aufsuchung folgender Differenzen:

Expansion Atmosph.	Tempe- raturen	Differenzen Δ	Δ'	Δ''
$\frac{1}{125}$	2°,3 C.			
$\frac{1}{64}$	13,6 —	11,3		
$\frac{1}{32}$	25,4 —	11,8	0.6	
$\frac{1}{16}$	37,9 —	12,5	0,7	0.1
$\frac{1}{8}$	51,2 —	13,3	0,8	0,1
$\frac{1}{4}$	65,5 —	14,3	1,0	0,2
$\frac{1}{2}$	81,7 —	16,2	1,8	0,8
1	100,0 —	18,3	2,1	0.3
2	121,1	21,1	2,8	0.7
4	145,0	23,9	2,8	0.0
8	171,8	26,8	2,9	0,1
16	203,1	31,3	4,5	1,6

Nimmt man die dritten Differenzen als constant an, s sich hieraus eine Reihe für die Temperaturen bilden, de stes Glied durch a, das erste Glied der Reihe der ersten renz durch b, das zweite Glied der zweiten Differenz c und die constante Differenz durch d bezeichnet werden Auf diese Weise erhält man folgende 9 Bedingungsgleic

1) $37{,}9 = 2{,}3 + 36\,b + 3\,c + d$
2) $51{,}2 = 2{,}3 + 46\,b + 6\,c + 4\,d$
3) $65{,}5 = 2{,}3 + 56\,b + 10\,c + 10\,d$
4) $81{,}7 = 2{,}3 + 66\,b + 15\,c + 20\,d$
5) $100{,}0 = 2{,}3 + 76\,b + 21\,c + 35\,d$
6) $121{,}1 = 2{,}3 + 86\,b + 28\,c + 56\,d$
7) $145{,}0 = 2{,}3 + 96\,b + 36\,c + 84\,d$
8) $171{,}8 = 2{,}3 + 106\,b + 45\,c + 120\,d$
9) $203{,}1 = 2{,}3 + 116\,b + 55\,c + 165\,d$

Hieraus fand Egen durch eine einfache Methode $b = 1$ $c = 0{,}15$; $d = 0{,}40$. Eine hiernach gebildete Reihe g

Digitized by Google

gebenen so genau übereinstimmende Werthe[1], dafs dieses eiteren Entwickelung der Formel aufforderte. Heifst n die ngszahl eines Gliedes in der Reihe der Temperaturen, so ist:

$$+\frac{n-1}{1}\,b+\frac{(n-1)(n-2)}{1\,.\,2}\,c+\frac{(n-1)(n-2)(n-3)}{1\,.\,2\,.\,3}\,d$$

$$-b+c-d)+(b-\tfrac{3}{2}c+\tfrac{11}{6}d)n+(\tfrac{1}{2}c-d)n^2+\tfrac{1}{6}dn^3.$$

man in der Reihe der Expansivkräfte das zu t gehörige $=e$, das erste Glied $\frac{1}{1+\alpha t}=a'$ und den Progressions-enten $=e'$, so ist (für diese geometrische Reihe)

$$e=a'\,.\,e'^{\,n-1}$$

$$\frac{\text{Log. e} - \text{Log. a}'}{\text{Log. e}'}+1=\frac{\text{Log. e}}{\text{Log. e}'}-\frac{\text{Log. a}'}{\text{Log. e}'}+1.$$

zukürzen, sey $\frac{\text{Log. a}'}{\text{Log. e}}-1=r$; $\frac{\text{Log. e}}{\text{Log. e}'}=x$;

$+c-d=\delta$; $b-\frac{3}{2}c+\frac{11}{6}d=\gamma$; $\frac{1}{2}c-d=\beta$; $\frac{1}{6}d=\alpha$,

h $n=x-r$. Dieses substituirt giebt:

$$\delta-(\alpha r^2-\beta r+\gamma)r+[(3\alpha r-2\beta)r+\gamma]x$$
$$-(3\alpha r-\beta)x^2+\alpha x^3,$$

ach:

$$=\delta-(\alpha r^2-\beta r+\gamma)r+\frac{(3\alpha r-2\beta)r+\gamma}{\text{Log. e}'}\,\text{Log. e}$$
$$+\frac{\beta-3\alpha r}{\text{Log.}^2\,e'}\,\text{Log.}^2\,e+\frac{\alpha}{\text{Log.}^3\,e'}\,\text{Log.}^3\,e.$$

aber

3; $b=11{,}51$; $c=0{,}15$; $d=0{,}4$; $e'=2$; $a'=\frac{1}{1+\alpha t}$,

1 auch

$0{,}0666667$; $\beta=-0{,}325$; $\gamma=12{,}0183333$;

$\delta=-9{,}46$; $r=-8$.

n diese Werthe substituirt, so erhält man

$$0{,}02+65{,}1707\,\text{Log. e}+14{,}07\,\text{Log.}^2\,e+2{,}444\,\text{Log.}^3\,e \quad (I)$$

ist:

g. $65{,}1707=1{,}81405$; Log. $14{,}07=1{,}14830$;

Log. $2{,}444=0{,}38808$.

ehn wir die Abänderung der Coefficienten, wodurch eine zweite, die Fehler noch mehr vermindernde, Formel und die Vergleichung der berechneten mit den beobach-

---

[1] Die Summe der Fehler beträgt — 0,3.

teten Werthen, woraus dieses hervorgeht, so verdient bem zu werden, dafs er zur schärferen Bestimmung der Coeffi ten 29 Beobachtungen auswählte, die er für die genau hielt, sie nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete dadurch folgende bis zur dritten Potenz gehende Gleichung er

$$t = 100 + 64{,}86106 \text{ Log. } e + 14{,}14528 \text{ Log.}^2 e + 2{,}50778 \text{ Log.}^3 e \ldots . \text{ (III).}$$

Als aber auch diese noch Abweichungen zeigte, die ihm grofs schienen, hielt er für besser, die Formel bis zur vie Potenz auszudehnen, wonach sie allgemein ausgedrückt be

$$t = 100 + s \text{ Log. } e + r \text{ Log.}^2 e + q \text{ Log.}^3 e + p \text{ Log.}^4 e.$$

Zur Auffindung der Coefficienten dienten die auch frühe wählten 29 Beobachtungen, und diese gaben folgende Gleich

1) $3145{,}167086\,p - 1291{,}8504756\,q + 611{,}462044\,r - 232{,}8610878\,s + 9686{,}6026822 =$
2) $1291{,}8504756\,p - 611{,}462044\,q + 232{,}8610878\,r - 139{,}6054183\,s + 7294{,}477833 =$
3) $611{,}462044\,p - 232{,}8610878\,q + 139{,}6054183\,r - 38{,}9095565\,s + 1132{,}91996 = 0$
4) $232{,}8610878\,p - 139{,}605183\,q + 38{,}9095565\,r - 44{,}6811735\,s + 2697{,}780132 = 0$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich folgende Coefficien

$s = 64{,}29512$	$\text{Log. } s = 1{,}8081780$
$r = 13{,}89479$	$\text{Log. } r = 1{,}1428520$
$q = 2{,}909769$	$\text{Log. } q = 0{,}4638586$
$p = 0{,}1742634$	$\text{Log. } p = 0{,}2412062 - 1$

wonach also die Gleichung ist:

$$t = 100 + 64{,}29512 \text{ Log. } e + 13{,}89479 \text{ Log.}^2 e + 2{,}909769 \text{ Log.}^3 e + 0{,}1742634 \text{ Log.}^4 e \ldots$$

Da die Rechnung nach der Formel (III) kürzer ist, als nach Formel (IV), so theilen wir die Tabelle ganz mit, worin die Abweichungen der nach beiden berechneten Werthen den beobachteten zusammengestellt hat. Man übersieht dafs die Beobachtungen über 100° aus den französischen (§ für Atmosphären von 0,76 Meter Quecksilberdruck, de 100° C. bis 0° aus den englischen von Dalton und Ure 0° von Gay-Lussac und die für noch niedrigere Tem ren aus den oben (§. 538) mitgetheilten entnommen sind. nach kann jede einzelne leicht an den angegebenen Ort gefunden werden, und ebenso leicht ist es, die nach den

Digitized by Google

berechneten Werthe aus den angegebenen Unterschieden
iden. Diejenigen der beobachteten Werthe, welche zur
mmung der Coefficienten dienten, sind mit einem Stern-
(*) bezeichnet.

Elasticitäten	beobacht. Temper.	Abweichungen nach Formel III.	Formel IV.
23,93 Atmosph.	223°,9 C.	— 0°,99 C.	— 0°,56 C.
22,66* —	220,4	— 0,27	+ 0,09
21,60* —	218,3	— 0,60	— 0,29
21,31 —	217,3	— 0,28	+ 0,01
20,44 —	215,1	— 0,16	+ 0,08
18,55* —	210,5	— 0,35	— 0,21
18,16* —	209,1	0,00	+ 0,13
17,13* —	206,1	+ 0,15	+ 0,24
14,53* —	198,5	— 0,08	— 0,11
13,19* —	193,7	+ 0,23	+ 0,13
11,66 —	188,4	— 0,34	— 0,25
10,60* —	183,7	+ 0,37	+ 0,16
9,89* —	180,7	+ 0,31	+ 0,09
8,11 —	172,1	+ 0,43	+ 0,13
7,61 —	169,5	+ 0,36	+ 0,06
7,39* —	168,4	+ 0,24	— 0,06
6,51 —	163,2	0,00	— 0,05
5,12* —	153,7	+ 0,30	— 0,02
4,86* —	151,9	+ 0,10	— 0,23
2,14* —	123,0	+ 0,06	— 0,13
1,00* —	100,0	0,00	0,00
28,88* engl. Zoll	98,89	+ 0,04	+ 0,05
23,60* —	93,33	+ 0,04	+ 0,12
19,00* —	87,78	— 0,38	— 0,01
12,04* —	76,67	— 0,32	— 0,15
5,76* —	60,00	— 0,35	+ 0,03
3,30* —	48,89	— 0,27	— 0,01
1,86* —	37,78	+ 0,10	+ 0,09
1,36* —	32,22	+ 0,08	— 0,01
1,17* —	29,44	+ 0,24	+ 0,10
0,72* —	21,11	+ 0,28	+ 0,03
0,52* —	15,56	+ 0,43	+ 0,09
0,365 —	10,00	+ 0,03	— 0,25
0,266 —	4,44	+ 0,34	+ 0,07
2,24* Par. Lin.	0,00	0,00	— 0,19
1,80* —	— 4,44	— 0,42	+ 0,61
1,51* —	— 6,62	— 0,14	— 0,12
1,08* —	—12,50	— 0,17	+ 0,18
0,60 —	—19,59	— 3,67	— 2,64

Digitized by Google

Wenn man die Unterschiede, welche zu 223°,9, zu — 4
und zu — 19°,59 gehören, wegläfst, da die erste Messung w
nicht genau genug seyn dürfte, bei so tiefen Temperaturen a
als die, welcher die letzte zugehört, die verschwindend gering
Elasticitäten scharf zu messen wohl überhaupt nicht mögl
seyn dürfte, und für die mittlere endlich die beiden Bestimm
gen von Daltos und Ure unter sich stärker abweichen,
die Formel von dem Mittel ihrer Messungen, so sind die
rigen Abweichungen nicht bedeutend und zeugen für die Pa
lichkeit der Formel, welche zugleich den Vorzug hat, dafs
für höhere Temperaturen nicht zu widersinnigen Resultaten

Mit Recht bemerkt Egen, dafs die Anwendung der Fo
zur Auffindung der Elasticitäten für gegebene Temperatur
einer biquadratischen Gleichung führe, glaubt aber, dafs die
nach sehr mühsame Rechnung durch eine Hülfstabelle be
mer gemacht werden könne, und zwar um so leichter, w
die Aenderung der Elasticität für kleine Temperatur-
schiede bekannt sey. Um hierzu zu gelangen, differenti
die Formel, und findet hiernach die Aenderung der Tem
tur für

1 Par. Lin. Untersch. bei 336,9 Lin. Dampfdruck = 0°,08
1 — — — — 330,9 — — = 0,08
1 — — — — 324,9 — — = 0,08

wonach zugleich die Bestimmung des *Siedepunctes der T*
mometer[1] corrigirt werden kann.

543) Nach einer so reichhaltigen Bearbeitung dieses
genstandes kann nur noch eine spärliche Nachlese übrig
ben. Dahin gehört eine noch nicht veröffentlichte od
noch nicht zu Gesicht gekommene Arbeit von Biot, w
erst eine vorläufige Anzeige bekannt geworden ist[2]. E
erfahren wir zugleich, dafs Gay-Lussac sehr genaue
sungen der Elasticitäten des Wasserdampfes zwischen —
bis + 100° C. angestellt und ihm die Resultate vorläufig
getheilt hat, aus denen und den erwähnten der französ
Akademiker es ihm gelang, eine Formel zu construiren, w

1 Vergl. *Thermometer.* Bd. IX. S. 891.

2 L'Institut. 1833. N. XXVI. p. 222. Poggendorff's Ann. XL
42. Conn. de Temps pour 1839. Compt. rend. T. VI. p. 389. P
dorff's Ann. XLIV. 627.

asticitäten des Dampfes zwischen — 20° bis + 220° mit liesen Messungen genau übereinstimmend ausdrücken soll. die von ihm befolgte, blofs im Allgemeinen angegebene le läfst sich hier nicht wohl etwas Bestimmtes mittheilen, bemerkt er, dafs die Elasticität des Dampfes nach jeder l nicht bis ins Unendliche, sondern nur bis 1200 Atmo- wachsen könne[1]. Auf eine später bekannt gewordene tung von Pambour, dafs man das Verhältnifs der Elasti- des Wasserdampfes zu den Temperaturgraden noch nicht kenne, erwiderte Biot, er habe unlängst der Akademie ieser Aufgabe genügende Formel für die Temperaturen - 20° C. bis + 220° C. mitgetheilt, und wir erfahren gleich, dafs die Formel heifst:

$$\text{Log. } f_t = a - a_1\, \alpha_1^{20+t} - a_2\, \alpha_2^{20+t}.$$

bezeichnet f_t das Maximum der Spannkraft des Dampfes Temperatur t in Centesimalgraden des corrigirten Ther- rs in Millimetern der Quecksilbersäule des Barometers Temperatur. Ferner ist

$$a = 5{,}96131330259$$
$$\text{Log. } a_1 = 0{,}82340688193 - 1$$
$$\text{Log. } a_2 = 0{,}74110951837$$
$$\text{Log. } \alpha_1 = -\,0{,}01309734295$$
$$\text{Log. } \alpha_2 = -\,0{,}00212510583$$

stimmung der Coefficienten soll nicht mehr als 4 be- te Werthe, 2 unter und 2 über 100° C. bedurft haben; bemerkt Biot zugleich in einer Anmerkung, dafs er zu- Constanten bestimmt, dann durch Vergleichung mit den ıtungen dieselben stets mehr annähernd verbessert habe. ir müssen uns vorerst mit diesen kurzen Andeutungen n, und erwarten, dafs sowohl Gay-Lussac seine neuen ıtungen, als auch Biot das Detail seiner Berechnungen t. Beiläufig möge hier noch bemerkt werden, dafs John Russel[2] die verschiedenen, ihm bekannten Formeln e Elasticitäten der Dämpfe zusammengestellt hat und

---

[1] Nach der Mayer'schen Formel läfst sich die Berechnung, so a will, fortsetzen; ob aber die gefundenen Werthe dann auch sind, das läfst sich nicht entscheiden, so lange die Theorie cht absolut sicher begründet ist.

[2] Edinb. Philos. Trans. 1838. L'Institut 1839. 7me Ann. N. 299.

Digitized by Google

hierdurch zu der Ueberzeugung gelangt ist, dafs die Erfahr
gen mit DALTON's Hypothese sehr wohl übereinstimmen.

544) Ehe die französischen Versuche bekannt waren, gleic
zeitig mit der Anstellung derselben, unternahm Schmi
das Verhalten des Wasserdampfes im Allgemeinen unter b
stimmte Gesetze zu bringen. Hierbei legt er diejenigen S
zum Grunde, die er über die Ausdehnung der Körper von j
licher Aggregatform aufgestellt hat (§. 471), und untersuch
zuerst die Dichtigkeit des Wasserdampfes, dann die Elasti
desselben, und zwar sowohl die specifische, als auch die ab
lute. Unter der ersteren versteht er diejenige, welche der D
von gegebener Dichtigkeit zeigt, wenn er durch Wärme a
gedehnt wird; allein es liegt in der Natur der Sache, dafs
die Dichtigkeit mit dem Wechsel der Temperatur ändert, k
nach also seine Elasticität stets eine verschiedene seyn m
je nach den Wärmegraden, wovon man ausgeht. Nimmt m
die Dichtigkeit desselben beim Siedepuncte als Einheit, u
(§. 471) für jeden andern Wärmegrad der Centesimalsk
specifische Elasticität:

$$e = (1+\mu)^{x-X} = \frac{(1+\mu)^x}{1{,}375}, \text{ und}$$

$$\text{Log. } e = x \text{ Log. } (1+\mu) - \text{Log. } 1{,}375.$$

Es soll aber nach den bekannten Bestimmungen der Ausdeh
der Luft durch Wärme $\text{Log. } (1+\mu) = 0{,}0017256$ seyn,
da $\text{Log. } 1{,}375 = 0{,}1383027$ ist, so hat man

$$\text{Log. } e = 0{,}0017256\,x - 0{,}1383027.$$

Es scheint mir nicht geeignet, die hiernach von 100°
300° C. berechneten specifischen Elasticitäten des Wasserd
hier aufzunehmen. Im Allgemeinen ersieht man aus de
mel, dafs für eine arithmetische Reihe der Temperatur
specifischen Elasticitäten der Dämpfe in einer geometris
wachsen.

Die absolute Elasticität des Wasserdampfes betrachtet Schm
als eine Function seiner Dichtigkeit und specifischen Elasti
und wenn daher beide für gegebene Temperaturen über
Siedepuncte bekannt sind, so ergeben sich hieraus die Elast
täten von selbst. Heifst nämlich die Dichtigkeit d und

1 Wiener Zeitschrift. Bd. VI. S. 257.

he Elasticität e, so ist die absolute Elasticität E das dieser beiden Gröfsen, also

$$\varepsilon = de \text{ und } \text{Log. } E = \text{Log. } d + \text{Log. } e.$$

hierin die Werthe von d (§. 552) und von e substi- hat man

$$= 4\,\text{Log. } x + \text{Log. } (1 + \gamma x) + 0{,}0017256\,x - 7{,}8404207.$$

ist die Elasticität des Wasserdampfes bei der Siedehitze heit angenommen. Will man diese Gröfse auf eine z. B. auf die Höhe einer Quecksilbersäule oder den gegen eine gegebene Fläche reduciren, so versteht sich lbst, dafs, wenn diese Gröfse = a gesetzt wird, die ät hiernach

$$E' = aE, \text{ also } \text{Log. } E' = \text{Log. } a + \text{Log. } E$$

ufs. Schitko theilt in einer Tabelle von 100° bis 200° nach berechneten, mit den damals bekannten Versuchen enen, Werthe mit, und da es interessant ist, die nahe nstimmung zu überblicken, so nehme ich dieselbe hier lls auf.

Schitko	Ure	Arz-berger	Chri-stian	Schmidt	Betan-court
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
1,1997	1,2120	1,1872	1,1671	1,2136	1,2356
1,4269	1,4372	1,4016	1,3661	1,4371	1,5074
1,6836	1,6882	1,6466	1,5990	1,7150	1,8033
1,9721	1,9845	1,9291	1,8695	2,0253	2,1606
2,2949	2,2953	2,2432	2,1903	2,3928	2,5550
2,6540	2,6737	2,5879	2,5642	2,7935	3,0000
3,0522	3,1206	2,9822	3,0009	3,2877	3,3291
3,4918	3,6235	3,4197	3,5130	3,8993	
3,9754		3,9089	4,1120		
4,5020		4,4701	4,8125		
5,0849		5,0423	5,4531		
5,7163		5,6952	6,2753		
6,4023		6,4141	6,6937		
7,1459		7,1997	7,6927		
7,9499		8,0316			
8,7677		8,9892			
9,7507		10,0000			
10,7535		11,0910			
11,8287		12,2724			
12,9794		13,5441			

Digitized by Google

Für wenige Atmosphären ist die Uebereinstimmung mit den Resultaten der Versuche hinlänglich genau, mit steigender Temperatur aber wachsen die Abweichungen so sehr, dafs die Formel danach ihre Brauchbarkeit für die praktische Anwendung verlieren mufs, denn nach ihr eilen die Temperaturen um mehr voraus, als nach der von ARZBERGER, die aus dieser Ursache von den Mitgliedern der Pariser Akademie verworfen wurde. Eine Vergleichung macht dieses anschaulich. Nach den Pariser Beobachtungen gehören zu 200° C. 14,91 Atmosphären, nach der Formel aber nur 12,9794, so dafs der Unterschied fast 2 Amosphären beträgt.

545) Für die Messung der Elasticität des Dampfes bei niederen Temperaturen ist in den neuesten Zeiten auf experimentalem Wege gar nichts geschehn[1], und es ist daher um so nöthiger, hier noch einen Apparat namhaft zu machen, welchen PRECHTL[2] für diesen Zweck höchst sinnreich construirt hat. Fig. 80. wird genügen, denselben nur nach seinen wesentlichsten Theilen anzudeuten, weil das Einzelne dann verschiedener Modificationen fähig ist. Der Haupttheil besteht aus einer etwa meilenweiten Glasröhre, welche in ihrer Mitte so umgebogen ist, dafs ihre beiden Schenkel in einem Abstande von 1 bis 1½ von einander parallel in die Höhe gehen. Der eine Schenkel derselben wird wie eine Barometerröhre zugeblasen, der andere in eine feine Spitze ausgezogen; dann wird so viel Quecksilber hineingebracht, als erforderlich ist, den einen Schenkel in der Krümmung auszufüllen, und dieses wird so ausgekocht, wie bei Barometern üblich ist. Hierauf bringt man in den andern Schenkel eine hinlängliche Quantität Wasser, die nicht geringer seyn darf, läfst dieses so lange sieden, bis kein tropfbarflüssiges Wasser mehr vorhanden ist, die Dämpfe aber sämmtlich aus der Spitze entwichen sind, und bläst diese an der Lampe zu, damit auch dieser Schenkel völlig luftleer werde. Diese so zubereitete und vertical aufgestellte Röhre mufs nach zwei Quecksilbersäulen zeigen, deren eine um so viel höher ist, als die der jederzeitigen Wärme proportionale Elasticität des Wasserdampfes beträgt. Immerhin wird es am besten

---

1 Dieses gilt nur, insofern die §. 543 erwähnten Messungen GAY-LUSSAC noch nicht bekannt geworden sind.

2 Wiener Zeitschrift. Bd. I. S. 383.

Digitized by Google

wenig Wasser als möglich in dem einen Schenkel bleibe,
n diesem Falle zeigt sich bei verminderter Tempe-
ofs ein geringer, an den inneren Wandungen desselben
er Niederschlag; ist aber mehr darin zurückgeblieben, so
ich ein kleiner Wassercylinder auf der Oberfläche, des-
ick bei den künftigen Messungen corrigirt werden mufs.
h dieses mühsam ist, so scheint mir doch hierin nur
ringe Fehlerquelle zu liegen, eine weit gröfsere dagegen
lem Einflusse zu suchen, welchen die Feuchtigkeit im
des einen Schenkels auf die Capillarität ausübt. Auf
Weise dieser Fehler zu finden und zu corrigiren sey,
ver anzugeben, da hierüber keine genügenden, obendrein
enthümliche, sehr bedingend einwirkende Beschaffenheit
ählten Glases einschliefsenden Erfahrungen vorhanden sind.
angelung eines besseren Vorschlages möchte ich rathen,
rümmte Röhre, so lange beide Schenkel noch offen sind,
vas Quecksilber zu füllen, den einen Schenkel inwendig
uchten und den Einfluſs, welchen dieses auf die Capil-
hat, aus längere Zeit fortgesetzten Messungen zu ermitteln.
sich die Capillarität in dem einen Schenkel nach dem
hen ändern, so liefse sich dieser Unterschied aus der
d nach dem Auskochen genau gemessenen Krümmung
ecksilberoberfläche vielleicht annähernd berechnen[1], wo-
etwas gröfserer Aufwand von Zeit und Mühe nicht in
tung kommt, weil die einmal gefundene Gröfse, als con-
Fehler, bei allen künftigen Beobachtungen blofs eine
e Addition oder Subtraction erfordern würde. Nach
TL sollen die Schenkel der Röhre nur etwa 12 Zoll Länge
und dieses genügt, um die Elasticität des Wasserdampfes
tleren Temperaturen zu messen; es liegt indefs nicht
dem Bereiche der Möglichkeit, ja es ist sogar nicht ein-
hr grofsen Schwierigkeiten unterworfen, diese Messungen
künstliche Erwärmungsmittel bis zum Siedepuncte des
rs auszudehnen, wobei der Apparat noch den grofsen
il gewährt, dafs sich mit demselben die Elasticität des
rdampfes bis zu den tiefsten Graden der natürlichen Kälte
läfst, wenn die Menge des im einen Schenkel befind-
Wassers nicht genügt, um einen am Rande festsitzenden

[1] Vergl. Art. *Meteorologie.* Bd. VI. S. 1838.

Digitized by Google

Eisring zu bilden, oder dieser sich durch die Oscillation Quecksilbersäule losstofsen läfst. Mit diesem Instrument sich dann auch eine Vermuthung Biot's[1] prüfen, bisherigen Messungen nicht hinreichen (§. 543). lehrte glaubte nämlich gefunden zu haben, dafs gegen Temperatur, in Folge der eintretenden Erstarrung eine kleine, aber doch merkliche, Aenderung der Dampfes eintrete, eine Erscheinung, die einer analog seyn würde, wonach etwas Salz, zum Wasser die Spannkraft des gebildeten Dampfes vermindert (§.

Dafs die angegebene zweischenklige Röhre so stehn müsse, um den Unterschied der Höhen silbersäulen nach einer genau horizontalen Ebene messen, versteht sich von selbst. Prechtl hierzu geeignete Vorrichtung, wie die Röhre um den Unterschied der Höhen scharf zu messen, übergehe dieses, weil dem geübten Physiker, für Apparate allein bestimmt seyn können, die dieses zu erreichen, hinlänglich bekannt sind. die hier genannte Mikrometerschraube, man ein auf Glas geätztes Mikrometer anwenden und Fernrohr, Loupe oder Mikroskop u. s. w. zur Correction einer möglichen Abweichung der dienenden Linie die Röhre so montiren, dafs verticale Axe drehen liefse. Sehr wesentlich länglich lange Zeit constante Temperatur Messung Sorge zu tragen. Das Erstere eine anhaltend unveränderliche Wärme der für Letzteres schlägt Prechtl ein empfindliches mit langem Cylinder vor, um die den Röhren lichen Länge eigenthümliche Temperatur ganzen Grade dieses Thermometers müfsten Erreichung gröfserer Schärfe in mehrere Endlich bemerkt Prechtl mit Recht, dafs

1 Compt. rend. T. VI. p. 589. Poggendorff's Ann.

2 Der Apparat gewinnt an Brauchbarkeit dadurch, weit getriebene Schärfe der Messungen gar nicht der Einfluss der Capillarität corrigirt, für lothrechten richtiges Thermometer gesorgt worden ist. Alles andere die so leicht mögliche Vervielfältigung der Beobachtungen

et sey, dem Dilettanten die mit der wachsenden Tempe-
zunehmende Elasticität des Wasserdampfes anschaulich
hen. Uebrigens liefsen sich auch die Spannungen der
e sonstiger Flüssigkeiten mit ähnlichen Apparaten messen,
bemerken kaum nöthig ist.

6) Behalten wir die im Art. *Dampf* gewählte Ordnung
würde erfordert werden, die neueren Untersuchungen
e Elasticität des *Alkoholdampfes* hier anzureihen; allein
mir keine Messungen derselben bekannt geworden, au-
s Gay-Lussac (§. 543) versichert, er habe solche
lls angestellt, worauf dann Biot versuchte, seine For-
die Elasticitäten des Wasserdampfes auch diesen an-
, was mit genügendem Erfolge geschehn seyn soll.
e Resultate näher bekannt werden, müssen wir uns mit
nügen, was im genannten Artikel enthalten ist, wo je-
. 359) aus Versehen die bei der Tabelle zum Grunde
Formel fehlt. Diese heifst:

$$\text{lg. } e = 5{,}029065 + \text{Log. } (213 + t) - \frac{1666{,}7}{213 + t},$$

die Elasticität nach Pariser Zollen der Quecksilbersäule
ie Temperaturen in Graden der achtzigtheiligen Scale
en. Ebenso wenig sind die früheren Versuche über
ticität des *Schwefelätherdampfes*, des *Petroleum-*
und des *Terpentinspiritusdampfes* durch neuere ver-
orden, wohl aber fand dieses beim Schwefelkohlen-
t.

Ueber die Elasticität des *Schwefelkohlenstoff-Dampfes*
r eine schätzbare Untersuchung durch Marx[1] erhalten.
s sind die früheren bereits erwähnten Messungen von
z, Cluzel, Berzelius und Marcet, wozu noch die
übersehenen von Clement und Desormes[2] kommen,
gs von hinlänglicher Genauigkeit, um ein naturgemäfses
rauf zu gründen, und überhaupt glaube ich aus vielen
en schliefsen zu müssen, dafs die Beobachtung des
ler Quecksilbersäule, wenn man in die Torricelli'sche
ige Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit bringt,

---

weigger's Journ. LXII. 460.
XIII. 89.

Digitized by Google

nie genaue Resultate giebt[1]. Die Bestimmungen von Cag
DE LA TOUR für sehr hohe Temperaturen, die er durc
Compression der Luft in krummgebogenen Glasröhren e
können auf keinen hohen Grad von Genauigkeit Anspr
machen.

Der zu diesen neuen Messungen dienende Appara
befolgte Methode lassen sich mit wenigen Worten
Fig. machen. MARX bediente sich eines gewöhnlichen Flas
81. rometers ab, dessen etwa 1,3 Lin. weite Röhre bis
Zoll verlängert war. Nach dem bei dieser Länge best
chen Auskochen wurde dieses Barometer, dessen aufwär
gene Flasche etwa 2 Z. hoch und 1,5 Z. weit war, m
mit der in Zoll und Linien getheilten Scale versehen
befestigt und dieses an einem Stative lothrecht aufg
Ein mit Sorgfalt angestellter Versuch, die Flasche dur
Kork, in welchem die Thermometerröhre stecke, dergest
den Schwefelkohlenstoff herabging, luftdicht zu ver
mifslang ungeachtet des Ueberbindens mit gefirnifster Bl
und Thierblase; es blieb also kein Mittel übrig, als d
nung der Flasche in eine feine Spitze auszuziehen
Sieden des Schwefelkohlenstoffs zuzublasen, und das zu
sen der Temperatur dienende Thermometer neben dem
des Barometers in das zum Erwärmen oder Erkälten
Wasser zu senken[3]. Zur Erwärmung der Flasche des
meters diente ein Metallgefäfs mit Wasser, in welches
sche gesenkt war; dieses Gefäfs aber befand sich wieder
andern gröfseren, gleichfalls mit Wasser gefüllten, wel
einem allmälig geheizten Windofen stand. Sollte die
ratur unter die der Umgebung herabgebracht werden, s

1 Vergl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 341.

2 Vergl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 280.

3 Man erhält auf diese Weise die Temperaturen eben
als wenn man das Thermometer in die Flüssigkeit selbst ta
dann aber die zum Erwärmen dienende Flüssigkeit abwech
wärmen und erkälten, bis jede Veränderung seiner Tempe
aufserdem nicht grofs seyn darf, das Thermometer sowohl, als
Quecksilbersäule sinken oder steigen macht. Ist dieses ein
erfolgt und werden dann beide stationär, so kann man von d
heit der beide afficirenden Temperatur überzeugt seyn; d
Verfahren kostet unglaublich viel Zeit.

Digitized by Google

asser im gröfseren Gefäfse durch Schnee erkältet, für die
ie unter dem Gefrierpuncte des Wassers aber diente eine
hende Mischung in dem Gefäfse, worin sich die Flasche
s Thermometer befanden[1].

e erforderlichen Correctionen waren zuerst die Capillari-
lche nach der Vergleichung mit einem guten Heberbaro-
0,82 Par. Linien betrug, dann die Gefäfscorrection,
aus einer vorläufigen Messung der Tiefe, bis zu welcher
ecksilber in der Flasche sank, wenn es in der Röhre
stieg, entnommen wurde. Eine dritte Correction für
sdehnung der Quecksilbersäule durch ungleiche Wärme
ne vierte für den nicht eingetauchten Theil der Ther-
rröhre wurden weggelassen, die letztere von diesen
mit Recht, weil sie zu unbedeutend und überhaupt wohl
enau bestimmbar ist, die erstere aber war, wie Marx
emerkte, sicher nicht ohne merkbaren Einfluſs[2]. Bei
iden Versuchsreihen, deren eine die aufsteigende, die
die absteigende heifsen kann, wurde für je halbe Grade
. die Höhe der Quecksilbersäule abgelesen, und zwar
R. an bis 47°,5, worauf dann das aus beiden entnom-
littel als Grundlage der Berechnung diente, die nach der
chen Formel angestellt wurde. Diese heifst bekanntlich

$$\text{Log. } e = A + \text{Log. } (213 + t) - \frac{B}{213 + t},$$

---

eider sind diese, bis — 7° R. herabgehenden Versuche etwas
worden, denn sie dauerten nur eine halbe Stunde, und es konnten
is Thermometer und die Flasche nicht gleiche Temperaturen
n. Da genaue Messungen der Elasticitäten des Dampfes bei
hermometergraden von grofser Wichtigkeit sind, so bemerken
s die kaltmachende Mischung nicht in das innere Gefäfs ge-
erden mufste, vielmehr wäre es ein Leichtes gewesen, dieses
ngeist zu füllen, im äufseren aber die kaltmachende Mischung
ten, die von Zeit zu Zeit erneuert werden konnte.

Marx bemerkt, dafs diese Correction bei früheren Versuchen,
n meinigen über die Elasticität der Dämpfe des Schwefeläthers
Bd. II. S. 367), weggelassen worden sey. Allerdings war man früher
icht so genau, und ich selbst corrigirte bei den erwähnten
en falsch, indem ich die mittlere Wärme zwischen der der
des Barometers und der der äufseren Umgebung nahm. Kennt
e Wärme der beiden Enden einer Säule, so läfst sich nach
lie Temperatur der ganzen hinlänglich genau finden.

Digitized by Google

worin e die Elasticität in Par. Linien, t die Grade des T... mometers nach R. und A nebst B zu bestimmende Co... bezeichnen. Letztere ergaben sich in genäherten Wer... zwei ziemlich weit von einander liegenden Messungen be... und 40°, indem diese in die Formel substituirt wurden. E... nach ist

$$\text{Log. } 126{,}5 = A + \text{Log. } 228{,}5 - \frac{B}{228{,}5},$$

$$\text{Log. } 367{,}0 = A + \text{Log. } 253{,}0 - \frac{B}{253{,}0}$$

und also A = 4,06380; B = 987,25. Durch eine sch... Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate w... indefs die Coefficienten näher bestimmt und gaben d... Formel

$$\text{Log. } e = 4{,}0653887 + \text{Log. } (213 + t) - \frac{987{,}25}{213+t}$$

Zur Auffindung der Formel wurden blofs die Beo... von 7° R. bis 47°,5 genommen, weil die tiefer lieg... angegebenen Gründen zu wenig genau zu seyn schien... nachstehende Tabelle enthält die beobachteten und d... neten Elasticitäten in Pariser Linien und die ihnen ... gen Temperaturen nach der achtzigtheiligen Scale. Die ... schiede ergeben sich hiernach von selbst.

Tempe-rat.	Elasticitäten beobacht.	berechn.	Tempe-rat.	Elasticitäten beobacht.	ber...
— 7° R.	32,00 P.L.	38,60 P.L.	10° R.	96,62 P.L.	96,...
— 6	38,00	40,81	11	101,12	101,...
— 5	39,00	43,23	12	106,75	106,...
— 4	40,36	45,78	13	111,75	112,...
— 3	44,00	48,43	14	117,79	117,...
— 2	48,60	51,22	15	123,50	123,...
— 1	55,50	54,15	16	129,37	129,...
0	58,50	58,41	17	135,75	136,...
1	60,25	60,42	18	142,25	142,...
2	63,30	63,79	19	148,81	149,...
3	65,10	65,76	20	156,25	156,...
4	71,00	70,95	21	163,52	163,...
5	75,00	74,81	22	171,29	171,...
6	78,00	78,80	23	179,12	178,...
7	83,24	82,99	24	187,62	187,...
8	87,50	87,37	25	196,37	196,...
9	91,62	91,92	26	205,12	205,...

Digitized by Google

Elasticitäten beobacht.	Elasticitäten berechn.	Tempe-rat.	Elasticitäten beobacht.	Elasticitäten berechn.
213,75 P.L.	213,77 P.L.	38° R.	339,12 P.L.	339,20 P.L.
224,37	223,79	39	354,87	353,17
233,35	233,62	40	367,62	367,56
243,13	243,94	41	382,37	382,24
253,88	254,47	42	396,86	397,41
264,37	265,41	43	414,62	413,20
275,87	276,75	44	431,20	429,10
287,37	288,45	45	447,00	446,05
299,87	300,38	46	462,12	463,38
312,12	313,06	47	482,00	481,09
325,62	326,02	47,5	494,00	490,18

) Zur Ermittelung der Elasticität des *Quecksilberdam-*
er dem Siedepuncte dieses Metalles hat Avogadro[1]
he von Versuchen angestellt, die zwar nicht in jeder
vollkommen, aber doch insofern sehr schätzbar sind,
ine wesentliche Lücke in diesem Gebiete der Wissen-
sfüllen und ihre Resultate sich an andere bereits aus-
e Thatsachen anknüpfen lassen. Hierbei geht Avoga-
n dem bekannten Satze aus, dafs das Quecksilber bei
s Quecksilberthermometers oder bei 350° des Luftther-
s[2] siede und seine Dämpfe dann also eine Spannung
em atmosphärischen Drucke oder einer Quecksilbersäule
6 Meter haben. Ebenso ist wohl erwiesen, dafs die
des Quecksilbers bis zu 100° C. noch keine merkliche
ät ausüben, und die Messungen konnten daher erst mit
Temperatur beginnen.

Mém. de l'Acad. de Turin. T. XXXVI. Ann. de Chim. et Phys.
. p. 369. Poggendorff's Ann. XXVII. 60.

Avogadro redet in Beziehung auf diesen Unterschied stets nur
r wegen *ungleicher Ausdehnung des Glases* erforderlichen Cor-
allein diese ist vorzugsweise wegen der ungleichen, mit den
turen wachsenden Ausdehnung des Quecksilbers erforderlich,
ste sogar additiv seyn, wenn sie sich auf die Ausdehnung des
llein bezöge, statt dafs sie subtractiv ist. Heifsen nämlich
essenen Grade des Quecksilberthermometers T, die corrigir-
der Coefficient der kubischen Ausdehnung des Quecksilbers k,
ses k', so wäre

$$T' = T(1 - k + k').$$

dehnung des Glases war übrigens in den durch Dulong und Petit
Resultaten schon mit begriffen. S. Art. *Ausdehnung.* Bd. I. S. 599.

Digitized by Google

Auf die gewöhnliche Weise mit Dampf im luftleeren Raume zu experimentiren war wegen der erforderlichen hohen Temperatur nicht möglich, und es blieb daher nur die Methode übrig, den erzeugten Quecksilberdampf mit Luft zu vermischen und nach Abzug des Druckes der letzteren den des ersteren aus der gemessenen Gröfse des gemeinschaftlichen Druckes zu bestimmen. Der gebrauchte Apparat bestand aus einem umgekehrten Heber, dessen einer längerer Schenkel offen, der andere kürzere aber mit einer Kugel versehn war. In demselben befand sich Quecksilber, welches die Kugel so weit füllte, dass auch bei der Ausdehnung der Luft durch Wärme die Luft und die mit ihr vereinten Quecksilberdämpfe nicht völlig aus der Kugel getrieben wurden, und es blieb vielmehr stets eine hinlänglich grofse Oberfläche des Quecksilbers, um die darüber befindliche Luft völlig mit Quecksilberdampf zu sättigen. Vor allem mufste daher zuvor ausgemittelt werden, um wie viel durch Wärme ausgedehnte Luft vor der Aufnahme der Quecksilberdämpfe, also bis zum Siedepuncte des Wassers etwa, das Quecksilber in der längeren, mit einer feinen Scale versehenen Röhre in die Höhe trieb, um hieraus, mit Rücksicht auf den wachsenden Druck der verlängerten Quecksilbersäule und das Sinken des Quecksilberniveaus in der Kugel, die Wirkung der Luft für sich allein zu finden. Dafs die in der Kugel befindliche Luft durch salzsauren Kalk gehörig ausgetrocknet und das Quecksilber vor dem Einbringen durch gehöriges Erhitzen von aller Feuchtigkeit befreiet worden war, darf kaum bemerkt werden. Der Apparat wurde daher in siedendes Wasser getaucht, die Höhe, bis zu welcher das Quecksilber in der längeren Röhre getrieben worden war, gemessen, und somit nach den erforderlichen Correctionen die Wirkung der Luft für sich allein bestimmt. Die Erwärmung für die höheren Grade geschah durch Eintauchen des ganzen Apparates bis über die Kugel in Oel, ein zugleich in dieses eingesenktes Thermometer gab die Temperatur an, und indem die Hitze dieses Oelbades bis 300° stieg, wurde die Höhe der Quecksilbersäule im offenen Schenkel der Röhre an einer messingnen Scale gemessen und aufgezeichnet; die so erhaltenen Bestimmungen bildeten also eine aufsteigende Reihe. Nachdem die angegebene Höhe erreicht war, erkaltete der Apparat; die den Thermometergraden entsprechenden Höhen der Quecksilbersäule wurden gleichfalls auf-

Digitized by Google

, dieses gab eine absteigende Reihe, und die Vereini-
der zu einem Mittelwerthe sollte dazu dienen, die un-
Erwärmung des Thermometers und der Kugel aufzu-
Von der beobachteten Expansion mufste die der Luft
gezogen werden, dann war eine Correction für die
rung der Quecksilbersäule durch Wärme und eine
r den durch die verlängerte Quecksilbersäule vermehr-
k auf die in der Kugel enthaltenen expansiblen Flüs-
erforderlich.

ergehn wir die Angabe der einzelnen, hierzu erfor-
Berechnungen, so ergaben sich aus den gemessenen
folgende Resultate. Bezeichnet L die Länge der durch
nte Wirkung der Luft und des Dampfes gehobenen
ersäule, l die Wirkung der Luft für sich allein, so
l die der Elasticität der Quecksilberdämpfe allein zu-
e Gröfse. Heifst dann P der gesammte Druck der
n Flüssigkeiten, p der des Quecksilberdampfes allein,
folgende Proportion:

$$L : L - l = P : p$$

hung

$$p = \frac{(L-l).P}{L} = P\left(1 - \frac{l}{L}\right).$$

suche gaben folgende Werthe für p in Millimetern,
entesimalgrade bezeichnet:

0; 240; 250; 260; 270; 280; 290.
01; 80,02; 105,88; 133,62; 165,22; 207,59; 252,51.

war die Elasticität 309,40; allein da dieses Resultat
ch zwei Beobachtungen, eine bei steigender und eine
i abnehmender Temperatur, gefunden worden ist, so wird
eggelassen. Bei Temperaturen unter 230° C. zeigte sich
nung des Quecksilberdampfes so gering, dafs keine
estimmung zu erhalten war.

) Die nächste Aufgabe war, für diese Elasticitäten des
berdampfes, sowohl die hier angegebenen, als auch die

ie im vorigen §. angegeben wurde, genügt dieses Verfahren
beabsichtigten Zwecke nicht, sondern man mufs sich der
en Mühe unterziehn, durch stets abnehmende Schwankungen
fsapparate die völlige Coincidenz zu erhalten.

Digitized by Google

dem Siedepuncte desselben zugehörige, eine empirische Fo aufzufinden. Avogadro wählt hierzu die bekannte:

$$e = (1 + at)^m,$$

worin e das Maximum der Spannkraft gegen die als Ei angenommene der atmosphärischen Luft (= 0,76 Meter Qu silberhöhe); t die Temperatur von der des siedenden Wa an; a und m durch Versuche zu bestimmende Constante zeichnen. Werden letztere durch die beiden Extreme, für und 290° bestimmt, und nimmt man ein Temperatur von 100 Graden C. zur Einheit, so wird a = 0,454 m = 2,875. Die beobachteten und berechneten Werthe men hiernach nahe genug überein, allein die Formel

$$e = (1 + 0{,}4548.t)^{2.875}$$

giebt $e = 0$ für $t = -\frac{1}{0{,}4548}$, also für etwa — 22... für etwa 220° unter dem Siedepuncte des Quecksilbers, für 140° C. über dem Gefrierpuncte des Wassers, zeigen Faraday's Versuche[1], dafs sich bei weit niedr Temperaturen Quecksilberdampf bildet, welcher nothwendig nige, wenn auch nur eine geringe Elasticität haben mufs. ses Hindernifs wird beseitigt, wenn man Laplace's mit der ihr durch Biot gegebenen Erweiterung[2] wählt. zeichnet A die Spannkraft der Flüssigkeit für die Sie so ist der allgemeine Ausdruck:

$$e = A.\alpha^t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \ldots.$$

oder

$$\text{Log.}\, e = \text{Log.}\, A + (t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \ldots)\ \text{Log.}\, \alpha$$

und einfacher

$$\text{Log.}\, e = \text{Log.}\, A + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \ldots,$$

die man auf so viele Glieder ausdehnen kann, als nöthig Avogadro nimmt als Einheit der Elasticität den atmo schen Druck von 0,76 Meter, das Intervall der Tem = 100° und, um den Zeichenwechsel der verschiedenen tenzen von t zu vermeiden, t für Temperaturen unter positiv. Da aber Log. 1 = 0 ist, so wird die Formel:

1 S. Art. *Verdunstung*. Bd. IX. S. 1722.
2 S. Art. *Dampf*. Bd. I. S. 341 u. 389.

$$\text{Log.}\, e = a\,t + b\,t^2 + c\,t^3,$$

lieder völlig genügen. Statt alle 7 gefundenen Werthe immung der Coefficienten zu benutzen, werden hierzu beiden äufsersten Beobachtungen und die für 260° be- urch deren Combination die Constanten folgende Wer- ten:

$$\text{Log.}\, e = -\,0{,}64637\,t + 0{,}075956\,t^2 - 0{,}18452\,t^3.$$

nach berechneten Werthe weichen nur um 1 bis 2 Milli- on den beobachteten ab, was als Beobachtungsfehler inn. Die Formel giebt keinen Werth der Elasticität ich kein Minimum derselben, denn die Gleichung für imum:

$$0 = -\,0{,}64637 + 0{,}075956 \cdot 2t - 0{,}18452 \cdot 3t^2$$

t einen unmöglichen Werth. Für den Schmelzpunct s erhält man

)0000000011208 Atmosph. = 0,00000008518 Millim.,

Gröfse sich offenbar nicht messen läfst. Ebenso ergiebt Spannkraft des Quecksilberdampfes bei der Siedehitze ssers:

$e = 0{,}00003889$ Atmosph. = 0,02944 Millim.

ie geringe Gröfse zeigt daher, dafs die Elasticitäten der lberdämpfe bis zu dieser Temperatur gar keinen Ein- fsern, also namentlich auch das *Barometer* nicht affi- nnen[1].

der Formel beträgt das durch t bezeichnete Intervall der ıtur 100 Centesimalgrade; wollte man sie aber für ein- rade umwandeln, so dürfte man nur die Coefficienten und dessen Potenzen dividiren, und erhielte dann:

$$\text{Log.}\, e = -\,0{,}0064637 \cdot t + 0{,}0000075956 \cdot t^2 - 0{,}00000018452 \cdot t^3,$$

de der Temperatur gleichfalls vom Siedepuncte des lbers oder von 360° C. an positiv genommen. Ue- mufs noch bemerkt werden, dafs hierbei stets von Gra- s Quecksilberthermometers die Rede ist. Avogadro wie man die Formel auch für das corrigirte oder das rmometer abändern könne, allein es ist leichter, die ge-

---

[1] Vergl. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1852.

Digitized by Google

messenen Grade nach der oben[1] gegebenen Tabelle zu giren. Die folgende Tabelle enthält die den Temperaturen gehörenden Elasticitäten bis zum Siedepuncte des Quecksilbers oder bis 360° des uncorrigirten Thermometers, wofür die Rechnung 1 Atmosphäre oder 760 Millim. beträgt.

	Elasticitäten			Elasticitäten	
Temperat.	Atmosph.	Millim.	Temperat.	Atmosph.	Millim.
100° C.	0,00004	0,03	230° C.	0,07633	58
110	0,00009	0,07	240	0,10349	78
120	0,00022	0,16	250	0,13655	104
130	0,00047	0,35	260	0,17582	134
140	0,00096	0,73	270	0,22145	168
150	0,00188	1,43	280	0,27355	208
160	0,00343	2,61	290	0,33225	253
170	0,00603	4,58	300	0,39780	302
180	0,01015	7,71	310	0,47073	358
190	0,01638	12,45	320	0,55181	419
200	0,02539	19,30	330	0,64261	488
210	0,03790	28,80	340	0,74523	566
220	0,05466	41,54	350	0,86286	656

550) Die Elasticitäten einiger Dämpfe werden gelegentlich und meistens nur in genäherten Bestimmungen der Angabe ihrer Dichtigkeiten erwähnt, allein es scheint nicht geeignet, hier weiter auf diese Angaben einzugehen. Ebenso findet ein gewisses Verhältnifs zwischen den Dichtigkeiten und den Elasticitäten der Dämpfe statt, so dafs sich letzteren aus den ersteren ableiten liefsen, wenn es der werth wäre, dieses Problem zum Gegenstande weiterer Untersuchungen zu machen. Manche Körper, namentlich Metalle, verdampfen allerdings in sehr grofser Hitze, allein es ist sobald nicht möglich seyn, weder die Elasticität, noch die Dichtigkeit dieser Dämpfe, ja sogar nur die Temperatur der beginnenden Verdampfung mit einiger Sicherheit zu bestimmen. Aufser dem, was schon früher hierüber bekannt ist neuerdings auch die bisher bezweifelte Verdampfbarkeit des *Titans* in der Hitze der Schmelzöfen durch Zincken

1 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 959.

Digitized by Google

worden[1]. Uebrigens zeigen sich auch hierbei merkwür-
setze. So fand FOURNET[2] durch eigens angestellte Ver-
dafs reines Blei in starker Weifsglühhitze bedeutend ver-
Bleioxyd und Bleierz dagegen nicht; doch dürfte wohl
rper vorhanden seyn, welcher der Einwirkung einer
teigerten Hitze des Knallgasgebläses zu widerstehn ver-
FOURNET's Versuche über die Verdampfung der Al-
ieten gleichfalls viel Interessantes dar, auch hat JEFERY
el aufgefunden, die Metalldämpfe bei den Hohöfen zu
ren[3], was jedoch alles hier nur im Vorbeigehn berührt
kann. Endlich ist auch wiederholt bemerkt worden,
h keine scharfe Grenze zwischen den Dämpfen und
iehn läfst[4], und zwar aus dem Grunde, weil eine
ahl der letzteren durch vermehrten Druck und vermin-
mperatur bereits *tropfbar-flüssig* gemacht wurde, wor-
Aehnlichkeit derselben mit den Dämpfen unverkenn-
orgeht. Die hierüber früher bekannten, bereits erwähn-
suche von FARADAY sind durch spätere von NIEMANN[6]
bedeutend vermehrt worden, welcher für die nämlichen
r ähnliche Werthe erhielt, als FARADAY, und aufser-
h einige andere bestimmte. Die von ihm gefundenen
des Ueberganges ausder Gasform in die Form der tropf-
üssigkeit unter den angegebenen Pressungen in Atmo-
und bei Temperaturen nach der hunderttheiligen Scale
olgende Tabelle.

---

ggendorff's Ann. XXVIII. 160.
nstitut. 1834. N. 49. Ann. de Chim. et Phys. T. LV.

ıgler's polyt. Journ. Th. XVIII. S. 19.
rgl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 279 u. §. 569.
Art. *Gas.* Bd. IV. S. 1020.
ndes Archiv. Th. XXXVI. S. 175. Fechner Repertorium.
180.

Digitized by Google

	Temper.	Druck
Ammoniak	12°,5 C.	6,5 bis 7
Chlorgas	12,5	8,5
	0,0	6,5
Euchlor	15,0	8,75
Chlorige Säure . . .	12,5	60,0
Salzsaures Gas	12,5	40,0
	0,0	33,0
Schwefligsaures Gas . .	12,5	3 ungefä
Schwefelwasserstoffsäure	12,5	58,0
	0,0	54,0
Kohlensäure	0,0	40,0
	12,5	58 bis 60
Cyan	12,5	4

551) Wenden wir uns zu den Untersuchungen d Dichtigkeit der Dämpfe und zwar zunächst des We pfes[1], so ist hierüber allerdings noch Einiges nachzutrag wichtigsten früheren Messungen, die von Gay-Luss meine eigenen, gaben für das Verhältnifs zwischen Da Luft bei gleicher Temperatur und unter gleichem Druck 10:16, diese 10:15,2242, so nahe übereinstimmend, da seitdem die erste Bestimmung, theils wegen der überw Autorität, theils wegen der grofsen Bequemlichkeit der nung, allgemein angenommen hat. Bedeutend kann von der Wahrheit nicht abweichen, denn sonst müf dieses bei den zahlreichen Anwendungen, die man seith dieser Gröfse gemacht hat, schon herausgestellt haben wollte man auch einen Zweifel darauf gründen, dafs es halten in der Natur schwerlich auf so einfache Zahlen mungen zurückzuführen sey, so könnte man doch nicht anders, als das Mittel aus den beiden Bestimmungen n was dann das wenig abweichende Verhältnifs 10:15,9 würde. Liegt nun zwar die Wahrscheinlichkeit der gr Genauigkeit wegen der angewandten Methode auf d meiner eigenen Versuche, so wird man sich doch n Wahrheit nicht merklich entfernen, wenn man die beg

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 871.

ıg von Gay-Lussac beim praktischen Gebrauche in
ıg bringt. Aus meinen Versuchen geht gleichfalls
afs die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei der näm-
mperatur im luftleeren und im lufterfüllten Raume
ıt, jedoch scheint sie im letzteren etwas gröfser zu
denn auch zweierlei Dämpfe in demselben luftleeren
füllten Raume neben einander bestehn können und
es scheint, etwas zusammenziehn[1], analog der fast
n Erscheinung, dafs alle Verbindungen eine etwas
ichtigkeit haben, als die der halben Summe beider.
tehenden Gesetzen wollen wir dasjenige anreihen, was
diesem Gebiete hinzugekommen ist.

rson[2] liefs eine grofse Menge Luft, die mit Was-
gesättigt war, in einem langsamen Strome durch
ure oder salzsauren Kalk strömen und suchte dann
htszunahme dieser austrocknenden Substanzen. Durch
chiedenen Temperaturen angestellte Versuche fand er
ht eines Kubikfufses Dampf bei 9°,45 C. = 4,085
ns; bei 15° C. = 5,679 Gr.; bei 25° C. = 9,828
ei 28°,33 C. = 11,66 Grains. Im Mittel aus diesen
nmungen ist das Verhältnifs der Dichtigkeit des Dam-
r der Luft sehr nahe = 10:16.

estimmung der Dichtigkeit des Wasserdampfes kommt
ise bei hygrometrischen Untersuchungen in Betrach-
t nämlich die Dichtigkeit des Dampfes im Maximum
der Bedingung bekannt, dafs in dem gegebenen
viel Wasser in Dampfgestalt vorhanden ist, als die
Temperatur gestattet, und zeigt das Hygrometer
dieser Sättigung in Procenten von 0 bis 1, drücken
Bruch durch $\frac{1}{n}$ aus und heifst die Dichtigkeit des
bei dieser Temperatur im Zustande der Sättig-
die durch das Hygrometer bestimmte D', so ist
, wobei $\frac{1}{n}$ von 0 bis $\frac{100}{100} = 1$ wachsen kann. Eine

---

gl. oben §. 524.
ıburgh Encyclop. Art. *Hygrometry.* Daniell Meteorological Observations. Lond. 1823. T. I. p. 159.
gl. Art. *Meteorologie.* Bd. VI. S. 1986.

Digitized by Google

interessante, aber sehr weitläuftige Aufgabe wäre, den Wassergehalt der atmosphärischen Luft auf irgend einem Orte genau zu messen und mit den Angaben der bekannten Hygrometer, namentlich das Psychrometers, zu vergleichen, um aus den Grad der Genauigkeit ihrer Angaben zu erkennen. Der hierfür von Brunner[1] angegebene Apparat würde, wenn er in den Händen eines aufmerksamen und geübten Experimentators sehr genügende Resultate geben, weswegen es der Mühe lohnt, ihn hier zu erwähnen, und zwar nur im Allgemeinen, da ein jeder diejenigen Modificationen anzubringen weiss, die durch statt findende Nebenbedingungen ihm angezeigt erscheinen. Derselbe besteht aus einem grofsen gläsernen, mit Wasser gefüllten Behälter A, aus welchem durch ein am Fig. 82. Boden desselben befindliches verschliefsbares Rohr die Flüssigkeit in ein zweites Gefäfs B abfliefsen kann. In den Hals des ersten, oben verschlossenen Behälters befestigt eine rechtwinklig umgebogene Röhre, deren kurzer, horizontaler Theil cf mit etwas Chlorcalcium gefüllt ist, um das aus dem Sperrwasser etwa aufsteigenden Wasserdämpfe zu entziehen. An das äufsere horizontale Ende dieser Röhre wird mittelst eines Verbindungsstückes ef von Federharz eine mit concentrirtem Asbest und Schwefelsäure gefüllte Röhre ed befestigt, dafs diese Säure, als vorzüglichstes Mittel zur Absorption des Wasserdampfes[2], die in der durchströmenden Luft enthaltene Feuchtigkeit aufnimmt. Eine Wägung der Röhre vor und nachher giebt die Menge der in der durchströmenden Luft enthaltenen Feuchtigkeit und bei dem bekannten Gehalte des gemessenen Luftvolumens, welches in den Behälter A gegossen ist, die Dichtigkeit desselben. Die mit Asbest gefüllte Glasröhre wird am zweckmäfsigsten 11 Zoll lang und 4 Lin. weit gewählt; von dem Asbeste wird so viel genommen, als hinreicht, sich überall an die Wandungen anzulegen, ohne der durchströmenden Luft zu grofse Hindernisse in den Weg zu legen; er wird trocken in die Röhre gebracht und etwa 50 bis 60 Tropfen Schwefelsäure, die man in das Ende der fast senkrecht gehaltenen Röhre giefst und

---

1 Poggendorff's Ann. XX. 274.

2 Wohl nicht mit Unrecht zieht Brunner diese Säure der sauren Kalke vor.

efeuchtet, und wenn er sich zu sehr zusammen-
em Messingdrahte wieder aufgelockert. In der
n ist die Röhre etwas bauchig aufgetrieben, da-
nde Säure, wenn ihre Menge etwas zu grofs ist,
nsammelt. Zugleich ist nicht zu übersehn, dafs
or und nach dem Versuche, mit guten Stöpseln
s einem aus Leinölfirnifs und Mennig oder Blei-
ten Kitte) verschlossen, genau gewogen werden
liesem Apparate stellte BRUNNER auch einen Ver-
die Dichtigkeit des mit Luft gemengten Wasser-
Zustande der Sättigung zu messen. Es gaben
kcentimeter Luft bei 26,4 Zoll Barometerstand und
peratur eine Gewichtszunahme von 0,121 Gramm;
s Tabelle[1], welcher die Bestimmung von GAY-
Grunde liegt, giebt eine gleiche Menge Luft
0,00000946 = 0,122 Gramm Wasserdampf, und
also das durch BRUNNER gefundene Verhältnifs der
les Wasserdampfes gegen Luft = 10 : 16,132.

CHMEDDINK[2] erinnert hiergegen, es werde bei die-
en vorausgesetzt, die ausgetrocknete Luft nehme
Wasser im Gasometer ihren anfänglichen Feuchtig-
vieder an, was gewifs nicht genau richtig ist; denn
mit Luft von mittlerer, ohnehin unbestimmter
, so kann sie im Gasometer leicht einen gröfseren
t annehmen, werden die Versuche dagegen mit ge-
ater Luft angestellt, so wird diese nach dem Aus-
cht so schnell wieder in den Zustand der Sättigung
im ersten Falle wird ihr Volumen vermehrt, im letz-
gert werden, und in beiden Fällen ist keine ge-
ction möglich. Ein zweiter Einwurf betrifft die
theit der Temperatur; allein dieser ist wohl nicht
zu betrachten, da die Versuche auf jeden Fall in ei-
migen, während ihrer nicht langen Dauer keiner
, insbesondere die grofse Menge Wasser afficirenden
g der Temperatur ausgesetzten Locale angestellt wer-
en. SCHMEDDINK liefs daher die Luft zuerst durch Fig.
83.

---

ssen Traité de Physique. 2me éd. T. I. p. 494.
ssertatio de densitate vaporum. Berol. 1832. Im Auszuge in
rff's Ann. XXVII. 40.

Digitized by Google

eine mit nasser Baumwolle gefüllte Glasröhre a, dann
eine mit feuchter Watte gefüllte Flasche a' treten, wo
ein Thermometer zum Messen der Temperatur befand; v
gelangte sie in zwei mit Schwefelsäure versehene Röhr
von hier durch ein enges, am Ende herabgebogenes Roh
mals in eine weitere, mit feuchter Wolle gefüllte Gl
in das Gasometer A, aus welchem das zum Messen
Wasser in eine Flasche abflofs, deren Kubikinhalt g
stimmt war. Die Zwischenröhre mit Chlorcalcium z
rung gegen den aus dem Wassergefäfse eindringend
fand Schmeddink überflüssig, weil die Länge und d
Durchmesser der Röhre, die zu der mit nasser Watte
führte, gegen dieses Eindringen vollkommen sicher
sondere wenn die Strömung der Luft etwas rasch
fserdem zog er vor, die Austrocknungsröhren statt
mit Gyps zu füllen, weil dieser doppelt so viel Sch
in sich aufnimmt; auch fand er nöthig, aus Watte ei
fen zu schneiden, diesen aufzulockern, wie einen P
zusammengerollt in die Röhre zu bringen und in
Wasser gehörig zu befeuchten, weil kaltes den F
genugsam adhärirt. Anfangs nahm die eine Röhre mit
säure alle Feuchtigkeit auf, später aber auch die zw
Theil, und wenn dieser gröfser wurde, als 0,01 G
bedurfte es einer neuen Röhre[1]. Der Inhalt der Fl
lich betrug fast 18,5 Liter bei 16° R. und jeder Vers
12 bis 59 Minuten. Im Mittel aus 47 Versuchen ist
tigkeit des Wasserdampfes gegen Luft unter gleich
und bei gleicher Temperatur = 0,63, welcher W
wir den von Gay-Lussac gefundenen = 0,625 oder
von demselben unbedeutend abweicht und das Verhältnifs
giebt. Eine zweite Reihe von Versuchen, wobei d
ser Watte gefüllte Röhre in einem kupfernen Wass
wärmt wurde, um die Dichtigkeit des Wasserdampfes
höheren Wärmegraden zu ermitteln, gab zu w
Resultate, was sich aus der Schwierigkeit einer s
peraturbestimmung allzuleicht erklären läfst.

---

1 Dafs in einigen Fällen das Gewicht der zweiten
ger wurde, ist eine schwer oder gar nicht zu erklä
nung.

Nach den hier mitgetheilten Resultaten der neueren
gewinnt die bereits früher aufgestellte Bestimmung,
ie Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Luft bei glei-
peratur und unter gleichem Drucke im Verhältnifs von
stehe, einen überwiegenden Grad von Wahrschein-
Sofern sich aber erwarten läfst, dafs diese Bestim-
ch neue Versuche nicht leicht eine wesentliche Ab-
erleiden werde, stelle ich hier die wichtigsten Puncte
zusammen, um so mehr, als die Resultate meiner ei-
suche wegen zu ausführlicher Darstellung minder leicht
hn sind.

ie Dichtigkeit des Wasserdampfes ist bei gleichen
ren sowohl im luftleeren, als auch im lufterfüllten
mindestens bis zum atmosphärischen Drucke, stets
orausgesetzt, dafs vom Dampfe im Maximum seiner
t die Rede ist. Dieses geht direct aus den Messun-
Gay-Lussac und den meinigen hervor, aus den letz-
entlich, indem alles Wasser, welches in dem von
achten Ballon bei einer gewissen Temperatur in Dampf
t wurde, diese seine Expansion bei unveränderter
eibehielt, wenn ich trockne Luft in gröfserer oder
Quantität hinzutreten liefs. Wenn es bei diesen
den Anschein gewährte, als ob im lufterfüllten Rau-
röfsere Dichtigkeit statt fände, weil der Niederschlag
iles des expandirten Wassers im lufterfüllten Raume
was niedrigerer Temperatur erfolgte, als im luftleeren,
ses zwar die Analogie anderer Erscheinungen für sich,
Versuche können hierbei leicht täuschen, insofern der
luftleeren Raume ungleich beweglicher ist, daher an
wandungen leichter und schneller zum Vorschein
ls im lufterfüllten. Der Satz selbst geht indirect aus
chen von Brunner und Schmeddink hervor, denn
hnen gefundenen Dichtigkeiten des gemischten Dam-
nen so genau mit den für ungemischten erhaltenen
dafs hierin ein sehr gewichtiges Argument enthal-

bald dieser Satz einmal festgestellt worden ist, fallen
tschwierigkeiten, die den genauen Bestimmungen der
Dichtigkeit des Wasserdampfes im Wege stehn, von
g, und die durch Brunner gewählte Methode, wie

Digitized by Google

sie durch Schmeddink verbessert worden ist, verspricht
nauesten Resultate. Bei allen Fundamentalversuchen
blofs auf eine genaue Messung der Temperatur und
mes an, welchen der gesättigte Wasserdampf einnim
nicht minder auf eine scharfe Wägung der Wassermen
che denselben gab. Eben wegen dieser Einfachheit
sungen stimmen auch die erhaltenen Resultate so
einander überein, als sich bei der Verschiedenheit
Methoden nur erwarten läfst. Handelt es sich
endliche scharfe Bestimmung der eigentlichen
Wasserdampfes, so dürfte die durch Schmeddink
den Vorzug haben; sie ist aus einer grofsen Zahl
bei mittleren Temperaturen entnommen und liegt
zwischen der durch Gay-Lussac und der durch
erhaltenen, etwas näher an der ersteren. Es läfst
erklären, warum Gay-Lussac die Dichtigkeit
fand, denn abgerechnet, dafs ein geringer Theil
seinen Versuchen dem Quecksilber adhäriren
fraglich, ob der Dampf in der Röhre nach dem,
oben (§. 518) beigebracht worden ist, wirklich
reichte, und ebenso konnte ich selbst leicht in
bei tieferen Temperaturen, namentlich bei
Gefrierpuncte des Wassers, die Dichtigkeit zu
der dann absolut sehr dünne Dampf sich minder
Wandungen niederschlägt und dem Auge
die von mir aus diesen Versuchen allein abgeleitete
dafs die Dichtigkeit des Dampfes im Verhältnifs
den Temperaturen abnehme, mag wohl hierauf
vorläufig, bis zu näherer Bestätigung, aufzugeben.
das aus allen Versuchen Schmeddink's bei
raturen erhaltene mittlere Resultat von den
abweicht, kann immerhin wegen der Bequemlichkeit
rechnung das bisher angenommene Verhältnifs von
behalten werden.

3. Handelt es sich um eine allgemeine Formel
rechnung der Dichtigkeit des Wasserdampfes, so
die Elasticität desselben und der Ausdehnungscoeffi
Luft in Betrachtung. Nach den damals bekannten
gen dieser Gröfsen habe ich eine Tabelle berechnet,
Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Wasser

Digitized by Google

ichtigkeit und auch gegen Luft bei 0° Temperatur
r einem Drucke von 336 Lin. Quecksilber enthält;
t, um die gesuchten Gröfsen mit genäherter Genauig-
nden. Schitko[1] hat gleichfalls eine Tabelle berech-
her jener sehr genäherte Werthe giebt. Neuerdings
our[2] eine Formel zur Berechnung des Volumens des
mpfes als Function der Temperatur und der Elasticität
angegeben, wonach für p = dem Drucke auf ein Qua-
ieter in Kilogrammen und t = der Temperatur in
lgraden das Volumen des Dampfes

$$m = 1287 \times \frac{1 + 0{,}00364\,t}{p}$$

In dieser findet sich, wie Poggendorff bemerkt,
h Rudberg aufgefundene Ausdehnungscoefficient der
Luft ohne weitere Bemerkung eingeführt.

Ueber die Dichtigkeiten der Dämpfe sonstiger Flüs-
, denen wir auch andere flüchtige Körper zugesellen
sind noch einige sehr wichtige Zusätze hinzuzufügen,
angemessen ist, auf dasjenige zurückzublicken, was
Dampf bereits mitgetheilt wurde. Ueber die Dichtig-
Schwefelkohlenstoffdampfes stellte Cluzel[3] sogleich
ls er diese neu entdeckte Flüssigkeit untersuchte, ei-
uch an, und fand, dafs ein Ballon mit Luft bei 18°
ne und 0,7638 Met. Barometerstand gewogen 6,75
vog, wenn er 5565,095 Kubikcentimeter Luft enthielt;
Schwefelkohlenstoffdampf damit vereint, so betrug
icht 7,798 Gramm. Hieraus läfst sich indefs das Ge-
s Kohlenstoffdampfes nicht entnehmen, weil nach dem
lesselben zwar der Ballon mit diesem ganz erfüllt war,
der früher darin befindlichen Luft, wenn diese ent-
konnte, fehlte so viel, als der Elasticität des Dampfes
e der Luft zukam. Marx[4] versuchte gleichfalls den
es Schwefelkohlenstoffs zu wägen und bediente sich
er dünnen Kugel mit einer Spitze, die er zuerst voll

Viener Zeitschrift. Th. VI. S. 259.
ompt. rend. T. VI. p. 874. Poggendorff's Ann. XLIV. 628.
nn. de Chim. T. LXXXIV. p. 72. G. XLIII. 421.
chweigger's Journ. LXII. 488.

Luft, dann mit Schwefelkohlenstoffdampf gefüllt, wog, n
er diese Flüssigkeit darin zum Sieden brachte und die S
verstopfte, nachdem keine tropfbare Flüssigkeit mehr dari
halten war, endlich aber die Spitze wieder öffnete, Luf
dringen liefs und abermals das Gewicht bestimmte. Hei
das Gewicht der Kugel A, der Luft L, des Dampfes D
war das Gewicht zuerst = A + L, hernach = A + D u
letzt sollte es = A + D + L seyn, allein er konnte a
Weise keine übereinstimmenden Resultate erlangen[1], wen
erste Gröfse von der letzteren abzog, wie sehr begreif
aus hervorgeht, dafs im dritten Falle so viel Luft w
der Kugel vorhanden war, als die Elasticität des be
gegebenen Temperatur darin vorhandenen Dampfes
Um daher die Dichtigkeit dieses Dampfes zu finden, b
Bestimmung von Gay-Lussac zum Grunde, wonach de
felkohlenstoffdampf bei seiner Siedehitze eine Dichtig
2,645 gegen atmosphärische Luft haben soll. Ist
spec. Gewicht der Luft bei 0° und 28 Zoll Baro
gegen Wasser im Maximum seiner Dichtigkeit = 0,00
so wird dieses bei 37°,5 R. als dem Siedepunct des
kohlenstoffs = 0,00128308 × 0,85423 : 1, und hieraus
Dichtigkeit des Schwefelkohlenstoffdampfes bei der S
gegen die des Wassers = 0,0028987 : 1. Nach de
schen Formel ist die Dichtigkeit eines Dampfes δ für
gebene Temperatur t in Graden der 80theiligen Sca
seine Spannung e heifst:

$$\delta = A \frac{e}{213 + t},$$

worin A ein aus den Beobachtungen zu entnehmend
cient ist. Marx fand den Siedepunct bei 37°,5 R.,
Elasticität einem Drucke von 333,786 Par. Lin. g
und wenn diese Werthe zugleich mit der durch Gay
gefundenen Dichtigkeit in die Formel substituirt w
erhält man

$$0{,}0028987 = A \cdot \frac{333{,}786}{250{,}5},$$

1 Vergl. das von Dumas angewandte Verfahren §.

2 Gay-Lussac legt bei seinen Bestimmungen eine Hö
von 0,76 Meter, also 28 Z. 0,9 Lin. zum Grunde, wa
von keinem merklichen Einfluss ist.

Digitized by Google

er Werth von A = 0,0021748 gefunden wird. Hier-
st also die Formel für δ, die Dichtigkeit des Schwe-
ıtoffdampfes gegen Wasser im Puncte seiner gröfsten
it,

$$\delta = 0{,}0021748 \frac{e}{213 + t}.$$

e dieser Formel hat MARX eine Tabelle der Dichtig-
n — 7° bis + 47° R. berechnet; es ist aber sehr die
b GAY-LUSSAC's einzige Beobachtung sicher genug
iesen allgemeinen Ausdruck darauf zu gründen; doch
ir uns bis zu weiteren Bestimmungen damit begnügen.
wir zu einer vorzüglich wichtigen Classe von Unter-
ı über die Dichtigkeiten der Dämpfe übergehn, wol-
uvor eine mehr isolirte, zugleich aber sehr interessante,
ksilberdampf betreffende Notiz erwähnen. Unter der
zung, dafs die Ausdehnung aller Gase und Dämpfe
Wärme sich gleich ist, kann die Dichtigkeit für ge-
emperaturen leicht gefunden werden, wenn sie nur
ɔekannt ist und man das Gesetz der Elasticität kennt.
ist für *Quecksilber* durch AVOGADRO (§. 549) aufge-
orden, und indem er dann nach DUMAS[1] die Dichtigkeit
pfes dieser Flüssigkeit beim Siedepuncte gegen at-
ıche Luft als Einheit = 7 setzt, findet er für 100° C.,
Temperatur nach der berechneten Tafel eine Elasticität
Millim. zugehört, = 0,0002, und in diesem Ver-
tönnte daher auch bei dieser Temperatur Quecksilber-
der atmosphärischen Luft enthalten seyn. Weil aber
oder ein Kubikdecimeter Luft unter diesen Umständen
ım wiegt, so würde in dem Raume eines Kubikdeci-
),00026 Gramm oder etwa ein Viertel Milligramm
ɔerdampf enthalten seyn, eine allerdings kaum mefs-
fse.

) Das Bestreben, die Atomgewichte der Körper genauer
ımen, veranlafste eine schätzbare Reihe von Versuchen,
ɡentliche Resultate zwar aufser den Grenzen der hier
zu untersuchenden Aufgabe liegen, die aber zugleich
Dichtigkeit verschiedener Dämpfe sehr genäherte Be-
ɡen enthalten, und obendrein dem ganzen Probleme

---

ergl. §. 556, 2.

Digitized by Google

eben dadurch einen mehr wissenschaftlichen Charakter g
dafs sie die Dichtigkeit der Dämpfe mit ihren Atomgew
in Verbindung bringen. Da das Ganze zunächst in da
biet der Chemie gehört, so theile ich diejenige kurze Da
lung mit, welche Poggendorff[1] davon gegeben hat. D
die Atomgewichte der Körper ohne eine wesentliche Ab
rung der Resultate gegen ihre Multipla oder Submultip
tauschen lassen, jenachdem man in den binären Verbin
dieser Körper eine gröfsere oder geringere Anzahl von
des andern Körpers voraussetzt, so entsteht hieraus ei
wisse Willkür. Um diese zu beseitigen, ging Dumas v
Grundsatz aus, dafs alle Körper sich in einfachen Vo
verhältnissen verbinden und dafs das specifische Gewi
Dämpfe, welches dem einfachsten dieser Verhältnisse en
das wahre Atomgewicht dieser Körper sey. Bei Körp
für sich nicht wohl so verdampfbar sind, dafs man di
tigkeit ihrer Dämpfe zu messen vermöchte, bestimmt m
Dichtigkeit der Dämpfe ihrer Verbindungen mit einem
gasförmigen Körper von bekannter Dichte. Hieraus
durch das Atomgewicht des für sich starren Bestandt
det man das Volumenverhältnifs, in welchem sich der
dem Gase verbindet. Fällt das Volumenverhältnifs m
angenommenen Atomgewichte nicht einfach genug aus, s
man ein Multiplum oder Submultiplum dieses Gewich
dasjenige, welches das einfachste Volumenverhältnifs lie
dann als das wahre Atomgewicht zu betrachten. Hiern
len die Atomgewichte der elementaren Körper insgem
den Dichtigkeiten oder specifischen Gewichten ihrer D
zusammen.

555) Dumas[2] war der Erste, welcher von diesen G
sätzen ausgehend die Dichtigkeit verschiedener Dämpfe e
stimmen suchte. Stellen wir das von ihm angewand
fahren im Allgemeinen dar, und ohne uns streng an
ihm gewählten speciellen Modificationen zu binden, di
von der Willkür jedes einzelnen Experimentators abhän
Fig. 84. brachte er die zu untersuchenden Körper in eine Glas

1 Dessen Annalen. Th. IX. S. 293.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIII. p. 337. Pogg. Ann. IX, 293.

Digitized by Google

iner aus ihr auslaufenden feinen Spitze *a* versehn war. e Kugel so weit zu erhitzen, dafs die darin befind- örper in Dampf verwandelt wurden, welcher dann die nz ausfüllte, indem der Rest aus der Spitze entwich, ie mittelst Platindrähten an eine Bleimasse p, senkte in ein Bad von Wasser, wenn die Temperatur des ztes der darin enthaltenen Flüssigkeit unter der des Wassers lag, im entgegengesetzten Falle aber von säure oder leichtflüssigem Metalle. Die Schwefelsäure ch hierzu bei weitem am besten und ist namentlich e entschieden vorzuziehn, welches sich schwärzt, ver- rch seine Dämpfe unangenehm afficirt und obendrein rate widerlich beschmuzt[1]. Das Glasgefäfs mit dem Bade steht dann wieder in einem Sandbade und die- auf eine leicht zu bewerkstelligende Weise erhitzt. nte die sämmtlichen Theile der ganzen Vorrichtung stanzen verfertigen, welche unschmelzbarer und dem en nicht so leicht ausgesetzt sind, als Glas; weil man muſs, ob die gesammte Menge des zu untersuchen- ers wirklich verdampft ist, so mufs der zum Messen Ballon nothwendig von Glas seyn, und die anzu- e Hitze darf daher nicht über diejenige hinausgehn, eses weich wird. Reicht man aber mit einem Queck- mometer nicht mehr aus, so bedient man sich eines

---

n solches Bad ist erforderlich, um die Temperatur, die der ng im Dampf zugehört, genau zu messen. Da aber das- hwerlich, die Vorrichtung übrigens zweckmäfsig ist, so fragt nicht auch ohne ein solches Bad die Temperatur des Ballons, m bedeckten Gefäfse frei herabhinge, durch zwei oder mehr m aufgehängte Thermometer genügend bestimmt werden orausgesetzt, dafs man die langsam steigende Hitze hinläng- guliren vermöchte. Fraglich bleibt ferner, ob sich die Tem- er Verdampfung nicht aus den Dämpfen selbst, wie dieses ser geschieht, entnehmen liefse. Die thermomagnetischen eter, s. Bd. IX. S. 998, wenn nur genau genug bestimmt, er- e Löthstelle eines feinen Platin- und Kupferdrahtes in den lbst hinabzusenken. Sehr zweckmäfsig ist endlich Mitscher- afftthermometer §. 557, so lange die Temperatur nicht über Hitze hinausgeht, wobei das Glas weich wird; für höhere Platingefäfse und Pyrometer angewandt werden. S. *Thermo-* l. IX. S. 1014. Die vollständige Verdampfung könnte dann ommen werden, wo kein Dampf mehr entweicht.

Digitized by Google

Luftthermometers. Wesentliche Beachtung verdient das Ei
mittel, die Spitze der Kugel, da wo sie aus der Oeffn
einem hierzu angebrachten Metallbleche hervorragt, mit ei
glühenden Kohlen α, β zu umgeben, damit sich die Di
in dieser Spitze nicht niederschlagen und dadurch Fehler
beiführen. Sind die letzten Antheile der zu untersuch
Substanz völlig verdampft, indem zuerst ein dichterer, na
aber ein stets dünner werdender Dunst aus der Spitze entw
so wird die Spitze zugeblasen, der Apparat mufs langs
kalten, und dann wird die Dichtigkeit des Dampfes
Wägung bestimmt.

Die hierbei zu beobachtende Verfahrungsart beru
einfachen Principien. Die zugeschmolzene, mit dem D
und einer unbestimmten Menge etwa zurückgebliebener
erfüllte Kugel wird nach dem Reinigen von allen anhäng
Substanzen gewogen und dann nach dem Abbrechen der
unter Wasser oder Quecksilber geöffnet, um nach ei
dringen dieser Flüssigkeit den noch vorhandenen Antl
zu ermitteln. Demnächst wird der Ballon inwendig g
getrocknet, mit völlig trockner Luft gefüllt und abermals
gen. Aus beiden Wägungen und einer vorausgegangen
nachher angestellten Wägung desselben, wenn er mit
gefüllt war, findet man die gesuchten Gröfsen. Heifst n
das Gewicht des mit Wasser gefüllten Ballons = P,
trockner Luft gefüllten = p, des mit Dampf und der
zurückbleibenden Luft gefüllten = p', so giebt $P-p+\beta$
wenn δ das Verhältnifs zwischen der Dichtigkeit des
und der Luft bezeichnet, den Rauminhalt des Ballons
länglicher Genauigkeit. Hieraus findet man durch Be
das Gewicht der Luft, welche ihn ausfüllt, = p'',
dann aus $p' + p'' - p$ das Gewicht des Gemenges
und Luft, welches in demselben enthalten war. Hi
man die Ausdehnung des Ballons durch Wärme corrig
aber die Dichtigkeit des Wassers nach der bei der W
findenden Temperatur auf das Maximum seiner Dich
ebenso die der Luft nach dem jedesmaligen Bar
und der Temperatur auf 0,76 Meter und 0° Wär
worauf dann nur noch erfordert wird, das corrig
der zurückgebliebenen Luft und dessen Gewicht
wichte des Dampfes abzuziehn, um letzteres für sich

n bei bekanntem Rauminhalte die Dichtigkeit dieses giebt[1].

) Bei den folgenden Angaben beschränken wir uns der alber zunächst nur auf die gefundenen Dichtigkeiten, daraus abgeleiteten Atomgewichte zu berücksichtigen; ern die Versuche noch manche anderweitige interes- atsachen, die eine gelegentliche Erwähnung verdienen.

od fing bei 175° C. an, Dämpfe zu bilden, welche die ı verstopfen drohten. Letztere wurde daher mit Kohrmt und die Hitze bis 185° C. gesteigert. Anfangs Ioddampf violett, nachher aber wurde seine Farbe so dafs man durch den Ballon weder das Tagslicht, noch e Kerzenflamme sehn konnte; an den Rändern war : blau, im Widerscheine aber zeigte er sich völlig

Aus den Wägungen ergab sich seine Dichtigkeit), von der Bestimmung durch Gay-Lussac[2] = 8,61)weichend.

Das Verhalten des *Quecksilbers* bei diesem Versuche ch schon interessant. Es wurden 40 Gramm dieses en Metalls in den Ballon gebracht, und ungeachtet der n Erhitzung fuhr dennoch der Dampf beim Siedepuncte ı mit solcher Heftigkeit aus dem Röhrchen, dafs eine n zu fürchten stand. Nach einer halben Stunde aber : Dampfentwickelung fast plötzlich auf, und als nach eit bei verstärktem Feuer und einer weit über den Sie- getriebenen Erhitzung kein Dampf mehr herausfuhr, ie Spitze zugeblasen. Bei den nachherigen Wägungen :h eine so kleine zurückgebliebene Luftblase, dafs sie :fsbar war, und zudem konnte sie aus dem Wasser :n seyn; man kann also durch Quecksilberdämpfe ls einen luftleeren Raum bereiten. Die Dichtigkeit des ergab sich = 6,976.

Dichtigkeiten der übrigen, aus ihren Verbindungen

---

ne ausführliche Anleitung, die Resultate solcher Wägungen inen, zugleich mit Rücksicht auf die hierbei erforderlichen nen, nebst Tabellen, worin diese letzteren für die ver- n Temperaturen und die ungleichen Barometerstände ent- id, giebt Poggendorff in seinen Annalen XLI. 449.

Art. *Dampf.* Bd. II. S. 397.

Digitized by Google

gefundenen Dämpfe sind: *Phosphor*[1] im Mittel aus zwei suchen = 2,328; *Chlorphosphor* im Minimum = 4,85; *senikwasserstoff* = 2,695; *Chlorarsenik* im Minimum = 4 *Chlorsilicium* = 5,939; *Fluorsilicium* = 3,6; Chl = 3,942; *Fluorboron* = 2,3124; *Chlorzinn* im Mi = 9,1997; *Chlortitan* = 6,836.

557) Die von Dumas betretene Bahn verfolgte Mitsc lich[2] mit gewohntem Eifer und bekannter Genauigk gelangte dadurch theils zu einer Prüfung bereits gef theils zur Auffindung neuer Bestimmungen. Die wen Abänderungen der gebrauchten Apparate lassen sich leic lich machen. Für die höchsten Hitzegrade wählte er ei nes Ballons längliche, an beiden Seiten fein ausgezo röhren, in welche er die zu untersuchenden Körper b und bediente sich seines bereits beschriebenen Luftth Fig. ters[3]. Beide legte er neben einander auf kupfer 85. a, a, a, a in einem metallenen Cylinder, welcher Ende verschlossen, am andern mit Löchern $\gamma\gamma$ ver durch welche die Spitzen des Mefsröhrchens und des Lu mometers hervorragten. Dieser Cylinder ab, ab wurde nen etwas weiteren geschoben, welcher nach innen u aufsen mit einigen hervorragenden Stäben versehn war, Berührung desselben mit dem inneren und einem dritt fsersten zu hindern. Letzterer AA, BB war ein eiserne zolldicken Wandungen; er wurde in einen Ofen gele die Hitze so regulirt, dafs derselbe überall möglichst gleich roth glühte. Hiernach läfst sich mit Sicherheit annehm sowohl das Luftthermometer, als auch die Mefsröhr durchaus gleichmäfsigen Wärme ausgesetzt waren, so liefs sich die Hauptbedingung einer scharfen Temperatur mung vollständig erreichen. Für Temperaturen unter 300° sich ein Bad von leichtflüssigem Metall in Anwendung wenn aber die Wärme 110° C. übersteigt, so ist allgem Bad von Chlorzink bei weitem vorzuziehn, denn dies

1 Die richtigere Bestimmung wurde später gefunden, s den §. Anm.

2 Poggendorff's Ann. XXIX. 193. Ann. de Chim. et LV. p. 1.

3 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 857.

Digitized by Google

s zu seiner Verflüchtigung, die erst bei der Rothglüh-
ritt; die Temperatur steigt viel langsamer, als beim
e, und man kann daher die Operation sicherer leiten.
ahme des Bades diente ein gufseisernes Gefäfs A, B, Fig. 86.
ang, 6 Z. breit und 6 Z. tief, unten mit zwei Rin-
ihn, die sich durch Charniere öffnen liefsen, um das
α, α hineinzulegen und festzuhalten. An beiden
itte das Gefäfs einen Einschnitt; der eine diente dazu,
ksilberthermometer durch ihn so hineinzuschieben, dafs
ugel t auf der Mefsröhre ruhte, der andere, um die
dieser, die zu untersuchende Substanz enthaltenden
irchzulassen, da diese fein ausgezogene Spitze zuerst
dig in die Höhe und dann wieder rechtwinklig hori-
bogen war, wobei ein unter dem äufsersten Ende an-
s Drahtgeflecht γ zur Aufnahme einiger Kohlen diente,
h die Substanzen daselbst nicht niederschlugen. Be-
i Bad aus Wasser, Kochsalzauflösung oder einer Lö-
i Chlorzink, so befand dieses sich in einem ähnlichen
n Gefäfse AB, worin die Mefsröhre αα auf gleiche Fig. 87.
urch Ringe festgehalten wurde; die nicht gebogene
desselben, so wie die Röhren zweier nach beiden Seiten
henden Thermometer t, t aber waren mittelst mehrerer
irch Löcher gesteckt, die sich in den Wandungen beider
es Gefäfses befanden. Mitscherlich stellt folgende
ie Dichtigkeiten der einfachen sowohl, als auch der
ngesetzten Gase und Dämpfe zusammen, und zur Ver-
; zugleich die nach den Atomgewichten berechneten,
: Anzahl der in ihnen enthaltenen Atome, die ich je-
glasse, da sie nicht direct in den Bereich unserer Un-
ngen gehören. Die Dichtigkeiten oder specifischen
e beziehn sich auf atmosphärische Luft bei 0° C. Tem-
und unter einem Drucke von 0,76 Meter Quecksilber-

Digitized by Google

Substanzen	Dichtigkeiten beobachtet	Dichtigkeiten berechnet	Beobachter
Sauerstoffgas . . .	1,1026	. . . .	Berzelius, Dumas
Wasserstoffgas . . .	0,0688	. . . .	Berzelius, Dumas
Stickgas	0,9760	. . . .	Berzelius, Dumas
Chlor	2,4700	2,4403	Gay-Lussac, Thenard
Brom	5,5400	5,3930	Mitscherlich
Iod	8,7160	8,7011	Dumas
Schwefel	6,5635	6,6541	Dumas[1]
. . . .	6,9000	. . . .	Mitscherlich
Phosphor	4,4200	4,3256	Dumas[2]
. . . .	4,5800	. . . .	Mitscherlich
Arsenik	10,6000	10,3654	Mitscherlich
Quecksilber . . .	6,9760	6,9785	Dumas
. . .	7,0300	. . . .	Mitscherlich
Wasserdampf . . .	0,6235	0,6201	Gay-Lussac
Stickstoffoxydul . .	1,5204	1,5273	Colin
Stickstoffoxyd . . .	1,0388	1,0393	Bérard
Salpetrige Salpetersäure	1,7200	1,5906	Mitscherlich
Ammoniak	0,5967	0,5912	Biot, Arago
Chlorwasserstoff . .	1,2474	1,2544	Biot, Arago
Bromwasserstoff . .	2,7311	2,7311	Mitscherlich
Iodwasserstoff . . .	4,4400	4,3850	Gay-Lussac
Schweflige Säure . .	2,2470	2,2116	Berzelius
Schwefelsäure, wasserfrei . . .	3,0000	2,7629	Mitscherlich
Schwefelwasserstoff .	1,9120	1,1778	Gay-Lussac, Thenard
Chlorschwefel . . .	4,7000	4,6580	Dumas
Phosphorwasserstoff .	1,1214	1,1896	Dumas
. . .	1,1455	. . . .	Rose
Chlorphosphor, flüssiger	4,8765	4,7414	Dumas
fester	4,8500	4,7900	Mitscherlich
Arsenige Säure . . .	13,8500	13,3000	Mitscherlich
Arsenikwasserstoff . .	2,6950	2,6945	Dumas
Chlorarsenik . . .	6,3006	6,2518	Dumas
Iodarsenik	16,1000	15,6400	Mitscherlich
Quecksilberchlorüre .	8,3500	8,2000	Mitscherlich
Quecksilberchlorid .	9,8000	9,4200	Mitscherlich

1 Diese Bestimmung ist das Mittel aus vier später angestellten Versuchen. S. Ann. de Chim. et Phys. T. L. p. 178. Poggendorff's Ann. XXVI. 559.

2 Nach Dumas ist das specifische Gewicht des Phosphors bei 500° C. = 4,355, beim Siedepuncte desselben = 4,42 [illegible] de Chim. et Phys. T. XLIX. p. 210. Poggendorff's Ann. XX[illegible]

Digitized by Google

Substanzen	Dichtigkeiten beobachtet	Dichtigkeiten berechnet	Beobachter
Überbromüre .	10,1400	9,6750	Mitscherlich
Überbromid .	12,1600	12,3730	Mitscherlich
Überiodid . .	15,9000	15,6800	Mitscherlich
Quecksilber .	5,5100	5,3900	Mitscherlich
Säure . .	4,0300	. . . .	Mitscherlich
Chlorüre . .	7,8000	. . . .	Mitscherlich

) Diesen Bestimmungen lassen sich noch einige hin- die später gefunden wurden und hier nur kurz erwähnt nögen. Amand Bineau[1] fand die Dichtigkeiten der nden Dämpfe:

rsäure mit 4 Atomen Wasser		1,27
nsäurehydrat	ungefähr	1,59
rehydrat		0,69
elensäure		2,79
llursäure		4,49
Chlorcyan		6,39
an		3,61
aures – dreifach – Chlorbrom		5,52
lsaurer Phosphorwasserstoff		2,77
romsaurer Phosphorwasserstoff		1,92
er Phosphorwasserstoff		1,22
reies kohlensaures Ammonium		0,90
reies hydrothionsaures Ammonium		0,88
reies hydrotellursaures Ammonium		1,32
reies blausaures Ammonium . . .	ungefähr	0,77
reies salzsaures Ammonium		0,89

: Bestimmungen beziehn sich auf die Luft bei 0° C. einem Drucke von 0,76 Meter Quecksilberhöhe und den Atomgewichten sehr nahe übereinstimmen.

d) Anwendung des Dampfes.

Man macht von den Dämpfen, namentlich den Was-, einen sehr wesentlichen Gebrauch, indem sie zu-

[1] de Chim. et Phys. T. LXVIII. p. 416.

Digitized by Google

erst als bewegendes Mittel, dann zur Auflösung der [illegible] und endlich zum Heizen und Erwärmen verwandt [illegible]. Als bewegendes Mittel werden sie vorzugsweise bei den [illegible]maschinen verwandt, schwerlich dürften sie aber jemals [illegible] Wurfgeschützen gebraucht werden.

Von den *Dampfmaschinen* ist in einem eigenen [illegible] ausführlich gehandelt worden, und es würde nicht geringen [illegible] erfordern, wollten wir hier alles dasjenige nachtragen, was [illegible] verändert und verbessert, hauptsächlich aber als Verbesserung in Vorschlag gebracht worden ist. Inzwischen sind die physikalischen Principien, worauf diese merkwürdigen Apparate beruhen, und die verschiedenen Arten ihrer Construction dort angegeben worden, die zahlreichen Verbesserungen aber beziehen sich meistens auf das Technische, und in dieser Beziehung kann man wohl sagen, dafs der specielle Theil der Physik, den die Lehre von der Anwendung des Dampfes bildet, sich wegen seines Umfanges emancipirt und zu einem selbstständigen Ganzen ausgebildet habe. Vergleicht man die ersten Versuche mit dem, was die Dampfmaschinen bei der Abfassung jenes Artikels geworden waren, so ist der Unterschied unermefslich, und seitdem ist die Kunst mit noch weit rascheren Schritten weiter geeilt. Nach John Taylor[1] unter andern gleiche Mengen Kohlen im Jahre 1828 einen so grofsen Nutzeffect, als bei den ersten Dampfmaschinen, wenn gleich die Verbesserungen der neuesten Zeit nicht gleichem Verhältnifs wachsen konnten, so sind sie im Ganzen wegen der ausnehmend gestiegenen Kunstfertigkeit unbedeutend. Um solche Verbesserungen aufzufinden, sind vorzüglich die Register, die über die Leistungen der verschiedenen Dampfmaschinen in den Kohlenminen von Cornwallis geführt werden, woraus sich unter andern ergab[3], dafs die stärkste unter 59 Maschinen mit einem Bushel oder 84 Pfund Steinkohlen 44497342 Pfund Wasser in 38 Min. 20 Sec. [illegible]

---

1 S. Art. *Dampfmaschine.* Bd. II. S. 417.

2 Records of Mining. 1828.

3 S. Karsten's Archiv. Th. XVIII. S. 111. Vorzügliche Aufsätze in Edinburgh Journ. of Science N. XIX. p. 34. XX. p. 213. N. I. p. 65. III. p. 102. IV. p. 247. V. p. 46. VI. p. 267. Davies Gilbert über die allmälig gemachten Verbesserungen der Dampfmaschinen zu Cornwallis in Philos. Trans. 1830. p. 121.

Digitized by Google

e schlechteste mit derselben Menge Brennmaterial
Pfund in 40 Min. 20 Sec. 1 Fuſs hoch hob. Zu-
r liegt es in der Natur der Sache, daſs sehr viele
: zur Verbesserung ebenso wichtiger, als allgemein
Maschinen gemacht werden, die nicht allezeit das
as sie versprechen, und deren allseitige Prüfung hier
ihren würde. Wir müssen uns daher auf einzelne
gen beschränken, in Beziehung auf das Ganze aber
igen Werke verweisen, worin der Gegenstand er-
behandelt worden ist[1].

: einer hierüber mitgetheilten Angabe Vertrauen zu
so würde die Erfindung der Dampfmaschinen selbst
die Zeit des Mathesius[2] hinausgehen, denn hier-
die Dampfmaschine schon im Jahre 1543 durch

---

er die vorzüglichsten gehört: J. Farey Treatise on the
gine. Lond. 1828. 4. The Steam-Engine, theoretically
ally displayed. By George Birkbeck and Henry and James
ivil Engeneers. Lond. 1827. 4. Mit Kupfern. Als einzelne
Abhandlungen über die Dampfmaschinen im Ganzen kön-
genannt werden: Bezaine in Mém. de l'Acad. Imp. de
Ime Sér. T. II. Liv. III. Dufour in Biblioth. Brit. T.
). 129, welcher zugleich Tabellen über den Effect der
hinen nach dem Flächeninhalte des Kolbens und der Span-
Dampfes berechnet hat. Eine gelehrte Abhandlung ist die
n: Mém. sur la puissance mécanique de la vapeur. Par.
Eine kurze Darstellung des Princips der Expansionsmaschi-
Perkins in Edinburgh philos. Journ. N. XIII. p. 170. Will
über die vielfach abgeänderte Construction der Dampfma-
t rotirender Bewegung unterrichten und sich zugleich einen
i der Vielfachheit solcher Abänderungen machen, so giebt
ohn Scott Russell in Edinb. New Phil. Journ. N. XLVII.
ier kurzen, aber inhaltreichen Uebersicht genügende Auskunft.
heidet vier Classen derselben. Die erste ist die, wobei die
durch Reaction erfolgt, wie bei denen von Heron um 130
n Branca 1629, von Kircher 1643, von Daslesme 1699, von
n 1785, von James Sadler 1791, von Richard Trevithic
von A. Craig 1834. Zur zweiten Classe gehören diejenigen,
ein Zwischenmittel statt findet; zur dritten die, welche
rostatische Reaction wirken, wozu nur die von Watt 1782
Bryan Donkin 1803 gehören; zur vierten endlich rechnet er
, bei denen der Stempel sich dreht. Masterman's Rad ge-
ihm zur zweiten Classe.

Art. *Dampfmaschine.* Bd. II. p. 419.

Digitized by Google

Blasco de Garay, einen Spanier, erfunden worden seyn[1]. Documenten im königl. Archive zu Simancas, welche Thomas Gonzales auffand und de Navarrete dem v. Zach mittheilte, zeigte Garay ein Boot, welches durch Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wurde, einer zu diesem ernannten Commission und auch dem Kaiser Carl V. Wie berichtet wird, befand sich darin ein Kessel mit kochendem Wasser, und durch diesen wurden Räder an den Seiten des Bootes in Bewegung gesetzt. Die Commission fand es sey gegen diese Erfindung die stete Gefahr zu einem aus dem Zerspringen des Kessels hervorgehe[2].

560) Diejenigen Dampfmaschinen, welche am häufigsten Anwendung gebracht werden, sind die von sogenannten

---

1 Bullet. univ. N. IV. p. 382.

2 Das Geschichtliche über die Erfindung und Verbesserung der Dampfmaschinen findet man in Quarterly Journ. of Sc. N. X. p. 322. Diese Abhandlung polemischen Inhalts war gegen eine kurz vorher bekannt gewordene von Arago gerichtet. Letzterer gab im Annuaire pour 1829 eine geschichtliche Darstellung der Erfindung und allmäligen Verbesserung der Dampfmaschine, um hauptsächlich zu zeigen sich bemühte, dafs die Schriftsteller, namentlich die englischen, allgemein die Erfindung dieser wichtigen Maschine rate dem Marquis von Worcester beilegten, da doch diese Ehre den Franzosen, Salomon de Caus und Dionysius Papinus, gebühre. Der hier den englischen Gelehrten gemachte Vorwurf ungerecht sey, ergiebt sich bald aus der im Art. *Dampfmaschine* Bd. II. S. 6 mitgetheilten Literatur. Aingen aber zeigt, dafs de Caus blofs die Maschine beschrieben und gar nicht als seine Erfindung angegeben habe, die Erzeugung eines Vacuums durch Dampf und die Kraft seiner Elasticität sey aber durch Papinus erst dann vorgeschlagen worden, nachdem Savery's Maschine bekannt geworden war, die Papin in seiner 1707 herausgegebenen Schrift mehr verstümmelt als verbessert für seine eigene Erfindung ausgegeben habe. Die Schrift, auf welche Aingen sich bezieht, ist die im genannten Art. S. 428 angeführte Papini Ars nova cet. Cass. 1707. Uebrigens finden sich in dieser Abhandlung keine historischen Nachweisungen, die nicht schon in dem genannten Art. dieses Werkes enthalten wären; wie aber diese Vorwürfe gegen die englischen Gelehrten veröffentlicht werden konnten, scheint unbegreiflich, wenn man die geschichtlichen Nachweisungen würdigt, die in den im genannten Artikel angeführten englischen Werken, namentlich der Engländer enthalten sind, deren Verdienste um Verdienste der Einzelnen unparteiisch würdigen und namentlich Worcester's undeutliche Aeufserungen einen sehr geringen beilegen.

Digitized by Google

hen Drucke und die Expansionsmaschinen; die älteren chen, die verschiedenen unmittelbar rotirenden und die em Drucke scheinen den Erwartungen weniger zu ent- und werden allgemein, hauptsächlich aber verhältnifs- stets seltener. COLLADON und CHAMPIONNIÈRE[1] ken- rankreich nur fünf Savery'sche, drei im Departement , eine im Departement der unteren Loire und eine zu Uebrigens sind sie nach ihren Versuchen mit drei sol- chinen der Meinung, dafs gerade diese vor den andern rer Einfachheit, Sicherheit und des geringeren Ver- an Brennmaterial zum Heben des Wassers dann den ben, wenn das zu hebende Wasser ohnehin um einige värmt werden soll. Maschinen mit hohem Drucke, Vorschlage von PERKINS, haben in England wenig efunden; ob sie in America mehr in Gebrauch sind, nicht zu bestimmen[2]. Inzwischen hat sich der ühe gegeben, sie zu verbessern und ihre vorzüglichen en hervorzuheben, im Wesentlichen sind sie aber nicht worden[3], ihre Wirkungen werden von verschiedenen als ausgezeichnet beschrieben[4], sie sind in Frank- talien bekannt geworden[5], und da sie dennoch kei- gefunden haben, so mufs die Ursache hiervon wohl 534 angegebenen) Schwierigkeit liegen, die Gefäfse Druck gehörig dampfdicht zu machen, welche it durch die ungleiche Ausdehnung der Metalle in rhitzung ausnehmend wächst. Auch nach DUFOUR fste durch Anwendung einer höheren Elasticität ein Nutzeffect erreicht werden, worauf wir später zu- werden. Einige Verbesserungen der Dampfmaschinen bekannt gemacht, sehr empfohlen aber wurden die

e Chim. et Phys. T. LIX. p. 24.

PERKINS's high Prefs safety Steam-Engine findet man Silliman Am. Journ. T. XIII. p. 40.

rgh Philos. Journ. N. XVII. p. 172. N. XXI. p. 211. 's polyt. Journ. Bd. XXVI. S. 89 u. a. v. a. O.

NEWTON in Edinburgh Phil. Journ. N. XIV. p. 359.

oth. univ. 1824. Mars.

. univ. T. XXX. p. 77.

Digitized by Google

rotirende Dampfmaschine von Morey[1], die von Weit[illegible] unmittelbar rotirende von Bouvier[3], die von Eve[4], [illegible] vielleicht unter allen die beste und am sinnreichsten [illegible] ist, die des Marquis de Manoury-d'Ectot, worüber [illegible] Bericht nähere Auskunft giebt, und noch viele andere, [illegible] namhaft machen liefsen, wenn es der Mühe werth wäre, [illegible] die verschiedenen Angaben aufzusuchen. Unter [illegible] welche namentlich in England die Leistungen der [illegible] schinen und die verschiedenen Erfindungen zur [illegible] ihres Nutzeffectes vorzugsweise beachten, gehören [illegible] John Taylor[6] und Henwood[7]; wir müssen uns [illegible] beschränken, alles dieses, was zur speciellen Betrachtung [illegible] wichtigen technischen Apparate gehört, nur im [illegible] anzudeuten. Kaum Erwähnung verdient endlich [illegible] neuerdings vielfach besprochene Vorschlag, den [illegible] Luftdruck gegen einen in luftleeren Röhren fortgl[illegible] bolus als bewegendes Mittel für Wagen zu benutzen [illegible] Röhren auf ihrer oberen Fläche der ganzen Länge [illegible] Klappen verschlossen seyn, diese aber beim [illegible] Wagens durch eine an diesem angebrachte Vorrichtung [illegible] werden sollen. Praktiker wissen recht gut, dafs so [illegible] obendrein aufgeschnittene, Röhren für einen darin [illegible] Embolus luftdicht zu machen eine für die geübtesten [illegible] unmögliche Aufgabe ist. Auf ähnliche Weise [illegible] der Ausführung einer von zwei berühmten Ingenieuren, [illegible] und Henschel, ausgegangenen Idee, statt des Dampfes [illegible] mirte atmosphärische Luft in Anwendung zu bringen, [illegible] Schwierigkeiten im Wege zu stehen. Dürfen wir [illegible] auf die Construction der Dampfmaschinen im [illegible] gebotenen Grenzen nicht überschreiten, so ist dieses [illegible] der Fall in Beziehung auf die zahlreichen Vorschläge [illegible]

---

1 Edinb. Philos. Journ. N. II. p. 348. Vergl. [illegible] Science N. X. p. 347.

2 Edinb. New Philos. Journ. N. II. p. 466.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. III. p. 177.

4 Aus Repertory of Patent Inventions in Dingler's [illegible] Th. XXII. S. 17. Vergl. Th. XXVII. S. 347.

5 Mém. de l'Acad. l'Institut de France T. VII. p. [illegible]

6 Philosoph. Magaz. and Ann. T. I. p. 241. [illegible] Philos. Magaz. N. XLI. p. 369. XLV. p. 136.

7 Lond. and Edinb. Phil. Magaz. N. XLIV. p. [illegible]

der einzelnen Theile, und es mag daher genügen, dasjenige zu verweisen, was Alban[1] zur Sicherung ɔfkessel für Hochdruckmaschinen angegeben hat, und ührliche Abhandlung von Séguier[2] über die Dampf– Allgemeinen hier namhaft zu machen.

Eine wichtige Frage, welche bei der Anwendung des ıls Bewegungsmittel vorzugsweise in Betrachtung kommt iber bereits ausführlich gehandelt worden ist[3], verdient ımals eine kurze Erörterung. Wie wir gesehen haben, die Grade der Wärme, wodurch die Spannung des erhöht wird, nicht in gleichem Verhältnisse, als die ten (§. 540), vielmehr bedarf es, um nur ein Beispiel ın, nur 22° C. Temperaturerhöhung, um die zu 100° C. Elasticität des Dampfes zu verdoppeln. Hiernach ıs, als sei der Nutzeffect des Dampfes von höherer t unverhältnifsmäfsig gröfser, wenn man annehmen afs für ein Verhältnifs der Temperaturen = 100:122 icität des Dampfes im Verhältnifs von 1:2 zunähme. anderen Seite aber nehmen die Dichtigkeiten der in dem nämlichen Verhältnisse zu, in welchem die ten wachsen, und da abgesehen von der Dichtigkeit el Wärme erfordert wird, um eine gegebene Quanti– er in Dampf zu verwandeln, so mufs hiernach der ıt des Dampfes von jeder Spannung gleich seyn. Dieses wirklich der Fall, wenn der Dampf von einfacher ; einen Embolus mit einer Kraft z. B. = 1, der von Elasticität aber einen gleich grofsen Embolus mit der 2 hebt, und in dieser Beziehung gewähren also die ɔkmaschinen zwar einen gröfseren Effect, aber nur dem ıdten Brennmaterial und der Dichtigkeit nebst der Ela– es dadurch erzeugten Dampfes proportional, also keinen en Nutzeffect. Man mufs aber zugleich überlegen, dafs ıtzte Dampf, nachdem er den Embolus gehoben hat, ır ganzen Elasticität entweicht, also dafs bei einfachem Dampf von der Elasticität = 1, bei doppeltem Drucke ıher von der Elasticität = 2 verloren wird, welcher

---

ingler's polytechn. Journ. Th. XXXIX. S. 241.
bendaselbst. Th. XLIV. S. 401.
Art. *Dampf.* Bd. II. S. 306.

Digitized by Google

letztere immerhin noch eine bedeutende Kraft äufsen
was uns daher auf das Princip der Expansionsmaschine
Zur nähern Bestimmung der Sache nimmt G. G. Schmi
dafs ein Kubikfufs Dampf von doppelter Spannung
Kubikfufs Dampf von zehnfacher Spannung beide
Embolus von 1 Quadratfufs Fläche wirken, und zwar
sie sich bis zum Druck von einer Atmosphäre ausdehn
fern die mechanischen Effecte nicht von der momentan
sung, sondern von der Summe der Wirkungen abhäng
Spannkräfte der sich ausdehnenden Dämpfe aber stets
kehrten Verhältnisse der Räume stehen, durch welche
ausgedehnt haben, so steht die Summe aller Wirkung
sammengesetzten Verhältnisse der anfänglichen Spann
der Logarithmen der Räume. Hiernach ist in dem
Beispiele das Verhältnifs der mechanischen Wirkung

$$2 \text{ Log. } 2 : 10 \text{ Log. } 10 = 0{,}6 : 10 = 6 :$$

das Verhältnifs des erforderlichen Feuerungsaufwan

$$2 : 10 = 1 : 5,$$

mithin bei gleichem Feuerungsaufwande das Verh
mechanischen Effecte $= 6 : 23$, was das Dreifache
steigt. Zu einem hiervon bedeutend abweichenden
gelangt Dufour[3] durch eine sehr ausführliche Unt
dieser Aufgabe, wobei er zugleich auf vermehrte Rei
den wahrscheinlichen Verlust von Dampf Rücksi
Man darf hoffen, sagt er, dafs ein gleicher mechan
durch die Hälfte des Brennmaterials oder ein do
chanischer Effect für gleichen Aufwand von Brenn
Anwendung des Dampfes von hohem Drucke ge
niedrigem Drucke erhalten werde, allein auf gröfsere
nicht zu rechnen.

562) Ein Gegenstand, welcher sich zwar zunäch
technische Anwendung bezieht, zugleich aber die phy
Gesetze sehr in Anspruch nimmt, ist die Frage,
Weise die mit der Hitze stets wachsende Elasticität
pfes in den gehörigen Schranken gehalten wird, um
Uebermafs Nachtheil zu bringen. Seit der Ent

1 S. Art. *Dampfmaschine.* Bd. II. S. 448.
2 Hand- und Lehrbuch d. Naturlehre. Giefs. 18
3 Bibliothèque univers. T. XXXIV. p. 148.

chinen in den Bergwerken und den Fabriken, insbeson-
ihrer Anwendung zur Bewegung der Schiffe und der
ren auf den Eisenbahnen hörte man wiederholt die
n Nachrichten vom Zerspringen der Kessel und von
klichen Verheerungen, die durch diese Aeufserungen
zügelten Kraft hervorgebracht wurden. Dieses bewog
s die Physiker, auf die zweckmäfsigsten Mittel zur
solcher Unglücksfälle ihre Aufmerksamkeit zu rich-
rn auch die Regierungen fanden sich veranlafst, zur
des Publicums die Anwendung dieser so leicht ge-
Maschinen einer öffentlichen Controle zu unterwer-
esondere ist dieses im Jahre 1830 in Frankreich durch
Ordonnanzen geschehen, welche die erforderliche Prü-
Maschinen und insbesondere der Dampfkessel be-

Die hierzu erforderlichen Gröfsenbestimmungen
auptsächlich aus zwei Untersuchungen entnommen,
us der bereits erwähnten der Pariser Akademie, über
len Temperaturen wachsende Elasticität des Wasser-
§. 534 ff.), und aus einer zweiten ausführlichen von
ber die Ursachen des Zerspringens der Dampfkessel.
eisten in Anwendung gebrachten Dampfmaschinen nur
einfachem atmosphärischem Drucke sind, wobei aller-
Folge der mechanischen Construction die Hitze des
einige Grade über den Siedepunct gesteigert, mithin
Elasticität des Dampfes etwas über den mittleren at-
hen Luftdruck erhöhet wird, so kann die zum Wider-
rgegen erforderliche Stärke, namentlich des Kessels,
bedeutend seyn, wenn man berücksichtigt, dafs der
lasticität des Dampfes die äufsere der atmosphärischen
genwirkt, mithin unter Voraussetzung völliger Gleich-
er nur eine verschwindende Dicke der Wandungen
würde. Wirklich ergab auch die Erfahrung durch
ue Prüfung der die Unglücksfälle dieser Art beglei-
mstände, dafs bei weitem in den meisten Fällen das
en der Kessel durch eine ganz unglaubliche Nachläs-
nitunter durch eine ganz eigentlich frevelhafte Unbe-
it der Arbeiter herbeigeführt worden war, indem sie die
ng der Ventile nicht beachteten oder absichtlich herstell-

e finden sich in Annales des Mines 1830. T. VIII. p. 109.

Digitized by Google

ten und durch übertriebene Heizung die Leistungen der [illegible] schine über ihre Grenzen zu treiben suchten. In einigen [illegible] len ereigneten sich jedoch solche Unglücksfälle, bei denen [illegible] keine Nachlässigkeit auffinden liefs, vielmehr das Zersp[illegible] durch unbegreifliche Ursachen herbeigeführt schien. Die [illegible] mittelung dieser mehr verborgenen Gründe des Zersp[illegible] der Dampfkessel veranlafste Arago[1] zu einer umfass[illegible] Prüfung aller hierbei mitwirkenden Bedingungen in einer [illegible] genen und allgemein beachteten Abhandlung, deren [illegible] sten Inhalt wir mittheilen wollen.

563) Arago zählt zuerst die bedeutendsten Erfa[illegible] über das Zerspringen der Dampfkessel auf, wobei die [illegible] nicht verschlossen waren. Dahin gehört das furchtbar[illegible] nifs zu Lochrin bei Edinburg am 21sten März 1814, [illegible] der obere Theil des Kessels, 140 Centner an Gewicht, [illegible] das zweite Stockwerk und dann 70 Fufs weit zur Seite [illegible] dert worden war. Uebergehn wir die Fälle, in denen [illegible] tile festgemacht oder übermäfsig belastet waren und [illegible] springen daher nothwendig ward, so erscheinen andere [illegible] um so paradoxer, je weniger eine so nahe liegende [illegible] bei ihnen vorhanden war. Dahin gehört das Zersp[illegible] Dampfkessels in der Seidenspinnerei zu Essonne am [illegible] 1823 und wenige Tage nachher in einer Fabrik [illegible] nachdem kurz zuvor die Maschinen merklich langsamer [illegible] als gewöhnlich, und indem die Ventile sich bei der [illegible] wirklich öffneten. Auch die Maschine des Dampfbootes [illegible] in America liefs in ihrer Wirkung vor dem Zersp[illegible] die des Dampfbootes Rapide zu Rochefort zeigte am [illegible] ter eine geringere Spannung des Dampfes, und bei [illegible] Dampfbootes Graham waren kurz vorher 20 Pfund [illegible] Ventile weggenommen worden. Zu Lyon zersprang [illegible] unmittelbar nachher, als man durch Oeffnen eines [illegible] Quantität Dampf herausgelassen hatte. Auf gleiche [illegible] man nicht zu bezweifelnde Erfahrungen, dafs Ventile [illegible] ben, was in Folge gröfserer Spannung des Dampfes [illegible] mufste, nachdem man eine Quantität Dampf [illegible] eines Hahns hatte entweichen lassen. Zu Pittsburg [illegible]

---

1 Annuaire pour 1830. p. 137. Daraus in Wiener [illegible] Bd. VII. S. 477. Poggendorff's Ann. XVIII. 287.

einer der drei Kessel einer Maschine, nachdem er we-
ringer zugeführter Wassermenge rothglühend geworden
n einem von PERKINS mitgetheilten Falle bekam der
nen Rifs, aus welchem Dampf strömte; er wurde hier-
liche Fufs von seiner Unterlage in die Höhe gehoben
prang dann in der Luft.

scheint, als könne man solchen Unglücksfällen leicht
nwendung der seit den ältesten Zeiten bekannten Ven-
gnen, die aus einer auf einer runden Oeffnung auflie-
Scheibe bestehen, welche dann nach Befinden mit
en oder leichteren Gewichten belastet werden. Die
nen Beispiele zeigen jedoch, dafs unter Umständen solche
gen keine zur Sicherung hinlängliche Menge Dampf
ien, und wollte man die Oeffnungen zu sehr vergrö-
würde dieses das genaue Schliefsen erschweren und
se Gewichte erfordern[1]. Aufserdem aber tritt hierbei
h CLEMENT[2] entdeckte Phänomen hindernd ein, wo-
e bedeckende Platte zwar gehoben, durch die atmosphä-
uft aber so sehr wieder niedergedrückt wird, dafs der
e Dampf in zu geringer Menge entweicht und die
ngen des Kessels seiner Gewalt nicht zu widerstehn
en. Nach den gesetzlichen Bestimmungen in Frankreich
in gufseiserner Dampfkessel bei der Probe, ehe er ge-
t wird, einen fünffachen, ein kupferner und von Schmie-
verfertigter aber einen dreimal stärkeren Druck aushal-
s welchem er beim Gebrauch zu widerstehn hat, und
n gewährt dieses keine vollkommene Sicherheit. Ver-
von TREMERY haben nämlich gezeigt, dafs die Cohäsion
miedeeisens in mittlerer Temperatur sechsmal stärker ist,
der Rothglühhitze, und wenn daher ein Theil des Kes-
glücklicherweise bis zu dieser gelangt, so kann er der
lenen Probe ungeachtet zerplatzen. Allerdings könnte
ie Probe auch mit Dampf anstellen, statt mit einer Was-
pe; erstere würde aber unermefslich ausgedehnte Vorrich-
n erfordern und die Probirenden einer sehr nahen Gefahr

---

[1] Poggendorff in Ann. a. a. O. S. 303 bemerkt, dafs die Oeff-
n nicht selten zu klein, die überragenden Ränder der bedecken-
cheibe aber zu grofs sind.

[2] Vergl. Art. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 679.

Digitized by Google

aussetzen, statt daſs bei der Anwendung einer Wasser
auch beim Zerplatzen für die Umstehenden nichts zu
ist. Bei den letzteren Proben wächst auſserdem der Druck
mälig, und sie geben daher keine sichere Auskunft über
Folgen einer plötzlich eintretenden Vergröſserung des Dr
wie auch über diejenige Stärke, welche das Metall nach
rer Einwirkung der Hitze noch behält. Vor allen Dinge
daher erforderlich, den Kessel wiederholt zu prüfen und
sondere das zu vermeiden, was eine plötzliche starke Erz
des Dampfes bewirken kann. Auſserdem aber kann das
durch Oxydation oder durch klebrige Substanzen stark
ren, und es muſs daher nicht zu lange, wenigstens kein
Woche ungeöffnet bleiben. In Frankreich ist zu mehr
cherheit vorgeschrieben, daſs jeder Kessel zwei Ven
deren eins in einem Kasten eingeschlossen ist, wozu
Eigenthümer oder der Maschinist den Schlüssel hat.

Arago nennt unter den Sicherungsmitteln auch
flüssigen Metalle, wovon er jedoch bloſs angiebt,
Platten in den Kessel eingelöthet werden. Nach der
sischen Ordonnanz sollen zwei Platten in jeden Dam
eingesetzt seyn, eine kleinere, deren Schmelzpunct 10°
liegt, als die zur Erzeugung des Dampfes bestimmte
tur, und eine gröſsere von abermals 10° höher
Schmelzpuncte. Die gegen sie gemachte Einwendung
Schmelzen ohne übermäſsige Elasticität des Dampfes
zu groſse Hitze erfolgen könne, muſs um so nichtiger
nen, als gerade die partielle übergroſse, bis ans Glühen
Hitze der Kessel ihr plötzliches Zerspringen herbe
pflegt. Zwei andere Einwendungen aber, zuerst daſs
tall vor seinem Schmelzpuncte erweicht und herausge
werden könne, wogegen es übrigens durch ein feines
flecht geschützt werden soll, und zweitens daſs
Schmelzen des Metalls der Kessel auf einige Zeit bis
derherstellung unbrauchbar werde, was namentlich
boote gefährlich werden könne, beruhen nach Pog
Bemerkung auf einer unrichtigen Vorstellung der Sa
der Einrichtung der Sicherungsmittel durch leichter
talle, welche ihr wahrscheinlicher Erfinder v. Reich

1 Vergl. Schweigger's Journ. XVIII. 276.

ampfmaschinen in Anwendung brachte, wird das Me-
onische eiserne Röhren gegossen, die durch Reibung
festgesteckt sind; das Metall kann also nicht durch-
werden, bis es geschmolzen ist, und die Wiederher-
geschieht leicht, indem blofs erfordert wird, einige
egel bereit zu halten und statt der beschädigten in
n zu stecken. Ob es übrigens zweckmäfsig sey, die
ng so zu treffen, dafs das im Kessel befindliche Wasser
i Schmelzen des Metallgemisches zu den Kohlen ge-
d diese auslösche, wage ich aus Mangel an Erfahrun-
über nicht zu entscheiden. Von der einen Seite ist
s baldige Auslöschen des Feuers unverkennbar sehr
von der andern aber verdient die Wirkung der gro-
ige des hierdurch plötzlich erzeugten Dampfes berück-
zu werden. Dieses Sicherungsmittel dient übrigens
Vermeidung von Unglücksfällen und schliefst die ge-
ien Ventile nicht aus, welche ohnehin zum Herauslas-
Dampfes unentbehrlich sind. Nach Arago hat man
leichtflüssigen Metallplatten auch schwer schmelzbare,
dünne Platten vorgeschlagen, dafs sie früher zerreifsen,
)ampf den ganzen Kessel zu zersprengen vermag. Inzwi-
llen die Sicherungsplatten selten gebraucht worden sein,
auf experimentellem Wege schwer bestimmen lasse, welche
er Platte bei gegebener Gröfse der Oeffnung erforderlich
)der weil man nicht dafür stehen könne, stets Platten
angemessenen Beschaffenheit zu erhalten. Das Mano-
)ll als sicherstes Ventil gelten, weil es dem Arbeiter
ıcklich zeigt, ob die bestimmte Grenze überschritten
nd wäre es zufällig verstopft, so würde seine gänzliche
ngslosigkeit, die bei der stets wechselnden Elasticität
npfes nicht statt finden kann, dieses anzeigen. Obgleich
ınzweifelhaft gewifs ist, so möchten wir doch dagegen
ı, dafs die Arbeiter selbst aus frevelhafter Unbesonnen-
enso gut das Manometer entweder unbeachtet lassen
r absichtlich verstopfen können, als sie dieses bei den

Die Bestimmung müfste aus dem Drucke entnommen werden,
der Dampf gegen einen Quadratzoll der Platte ausübt, aus
ifse der Platte und der Cohäsion des gewählten Metalls. Vergl.
ihren. Bd. VII. S. 1402.

Digitized by Google

erwärmt sey, als das Wasser, allein mir scheint die Hypo
der zuerst nach innen und dann nach aufsen so schnell
einander erfolgenden Biegungen etwas gewagt und nicht
die Erfahrung unterstützt. Zuerst ist gar kein Grund vor
den, in den beiden Fällen zu Lochrin und zu Lyon, wo
oberen Hälften der Kessel in einer genau horizontalen
abgerissen waren, ein solches Herabsinken der Elastizität
Dampfes anzunehmen, dafs die nachher zerplatzenden Kessel
aufsen vorher eingedrückt worden wären, zweitens aber
bei solchen Zusammendrückungen die ganzen Flächen
bis sie an den schwächsten Stellen, aber nicht in einer
Linie, zerreifsen, wie auch aus dem allseitig verbreiteten
nothwendig folgt. Endlich aber müfsten wohl Spuren
solchen wechselnden Biegung beim Zerplatzen selbst
den zerrissenen Kesseln wahrgenommen worden seyn.
läfst sich mit Grund voraussetzen, da das Feuer von
einwirkt, das Wasser aber mehr Wärme ableitet, als
dafs unmittelbar über dem Wasser, also in der durch
bezeichneten Linie, das Metall am heifsesten und
häsion daher am geringsten seyn mufs. Zudem
zunächst zwar nur Gufseisen[1], sobald es partiell
leicht von selbst und zwar meistens in geraden Linien
springen, diese gerade Linie war aber in diesen Fällen
die Grenze der gröfsten Erhitzung über dem abgekühlten
bezeichnet. Uebrigens folgt hieraus, dafs vor allen Dingen
Kessel vor einem zu niedrigen Wasserstande verwahrt
mufs, damit er nicht an einigen Stellen eine zu grofse
annehme. Perkins zeigt daher, wie nothwendig eine
Kessel hinabgehende, durch einen Hahn verschlossene
sey, deren Mündung nur bei zu niederigem Wasserstand
wird und welche daher die drohende Gefahr anzeigt,
ihr beim Oeffnen Dampf statt Wasser ausströmt.

564) Arago prüft weiter auch die Meinungen anderer
rühmter Techniker über das paradoxe Zerspringen der
bei geöffneten Ventilen. Dahin gehört zuerst die von Mar

1 Die beiden zersprungenen Kessel, worauf sich diese
Untersuchung bezieht, waren der Angabe nach von Schmiede
doch ist dieses bei dem zu Lochrin kaum glaublich, da die
gen der Angabe nach *vier Zoll* Dicke hatten.

Digitized by Google

das glühende Metall durch das Aufwallen des Wassers
e des entweichenden Dampfes plötzlich abgekühlt und
m die augenblicklich erzeugte Menge des Dampfes durch
hende Metall gebildet werden soll, statt dafs nach Per-
r schon vorhandene sehr heifse Dampf die hierzu er-
he Wärme hergiebt[1]. Arago wendet hiergegen ein,
ch den Erscheinungen im Leidenfrost'schen Versuche
) sehr heifses, vor allen Dingen glühendes, Metall das
nicht verdampfen macht; allein dieses ist wohl zu ein-
ıfgefafst, denn von der andern Seite zeigt die tägliche
g, dafs glühendes Eisen, in Wasser getaucht, letzteres
waltsamem Aufwallen stark in Dampf verwandelt, wobei
schnell abgekühlt wird. Es würde nicht schwer seyn,
änomene in Einklang zu bringen, was ich jedoch der
lber übergehe, inzwischen unterliegt es wohl keinem
dafs die Berührung des heifsen Metalls mit dem kälteren
ine Hauptursache der plötzlichen starken Dampfbildung,
ewirkte Abkühlung des Metalls dann wieder Ursache des
ens sey. Eine andere Hypothese von Gensoul, wonach
reichen des Dampfes einen Rückstofs nach der entge-
ten Seite erzeugen soll, welcher nach Art eines Ham-
es plötzliches Zerreifsen des stark gespannten Metalles
ist nach Arago deswegen unzulässig, weil sie eine
ende starke Spannung des Dampfes voraussetzt, die
Erfahrungen nicht vorhanden ist, wonach vielmehr
ein Nachlassen der Elasticität des Dampfes vorausgeht.
hiergegen erinnert werden könnte, dafs das Oeffnen
le in den Fällen, wo dieses dem Zerspringen voraus-
starke Spannung des Dampfes beweise, so dürfte doch
ebene Ursache als überflüssig und unstatthaft erschei-
ı fände ein solcher Rückstofs wirklich statt, so müfs-
lie Wirkungen desselben bei jedem Oeffnen des Ven-
gend eine Weise zeigen, und ist auf der einen Seite
e gewaltsame Entwickelung des Dampfes vorhanden,
diese zur Erklärung des Zerspringens der Kessel, die
durch einen Stofs oder Schlag einen Rifs bekommen,

---

h Dulong genügt letztere wegen der latenten Wärme des
n Dampfes hierzu nicht, wie Arago bemerkt was und an
nicht zweifelhaft seyn kann.

Digitized by Google

sondern durch das expandirte Medium aus einander getrieben werden, welches seine Anwesenheit und Wirkung durch den enormen Knall beurkundet. Nach einer dritten Hypothese[1] soll aus dem durch das erhitzte Eisen der Kessel zersetzten Wasser Hydrogengas gebildet werden, dieses sich mit atmosphärischer Luft mischen und das so gebildete Knallgas nach der Entzündung die Explosion herbeiführen. Hiergegen läfst sich anführen, dafs zwar ohne Zweifel Wasserstoffgas gebildet wird und zwar bei starker Erhitzung des Eisens in nicht geringer Menge, so dafs es, mit dem Dampfe zugleich entweichend, immerhin den langsameren Gang der Maschinen herbeiführen könnte, allein zu seiner Explosion fehlt auf der einen Seite das erforderliche Sauerstoffgas, auf der andern das Mittel der Entzündung. Atmosphärische Luft ist im Kessel nicht in hinlänglicher Menge vorhanden, und obendrein wird der ganze Rest Sauerstoffgas, welcher aus dieser oder aus der im Wasser enthaltenen Luft entnommen werden könnte, früher durch das Eisen verzehrt, als dieses das Wasser zerlegt; zur Entzündung des Knallgases würde dann aber die erforderliche Hitze fehlen, und zu einem elektrischen Funken seine Zuflucht nehmen wird wohl niemandem ernstlich einfallen, da er obendrein die im Wasserdampfe vertheilte, auf jeden Fall geringe, Menge Knallgas überhaupt nicht entzündet würde. Unleugbar dagegen wird in den Hohöfen oft eine grofse Menge Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas erzeugt, das sich leicht mit atmosphärischer Luft zu Knallgas mischt und mitunter entstehen hierdurch die gewaltsamsten Explosionen, die jedoch mit dem Zerspringen der Dampfkessel nichts zu thun haben. Endlich übersieht Arago bei seiner neuen Untersuchung das Ansetzen des Pfannensteins nicht, der nach der gröfseren Verunreinigung des angewandten Eisens in kürzerer Zeit und mit beträchtlich wachsender Dicke sich bildet. Dieser Bodensatz ist schlechter Wärmeleiter, das unter ihm befindliche Metall wird daher übermäfsig heifs und mufs dem Zerreifsen leichter ausgesetzt, aber diese Gefahr wird noch dadurch vermehrt, dafs in dem Ueberzuge Risse entstehn, durch welche das Wasser zum Metalle gelangt.

---

1 Diese ist von Taylor aufgestellt oder vertheidigt worden. Edinburgh New Philos. Journ. N. XII. p. 335.

abkühlt, wodurch namentlich beim Gufseisen leicht
ten herbeigeführt werden kann. Im Ganzen geht aus
etrachtungen hervor, dafs zwar allerdings die Dampf-
en Gefahr drohen, die jedoch durch sorgfältige Beach-
cht vermeidlich wird, weswegen aber nöthig ist, bei
ufmerksame und besonnene Aufseher anzustellen, wie
ATT dringend anempfahl, obgleich sie dieses so wenig
rfen und ohne äufsere Einmischung ihren regelmäfsigen
urch sich selbst fortzusetzen scheinen.

giebt noch weitere Untersuchungen dieser nämlichen
z. B. von HEBERT[1]; man darf aber annehmen, dafs sie
der gar nichts Neues enthalten, da die Aufgabe durch
mit genügender Vollständigkeit abgehandelt worden ist.

) Eine für die praktische Anwendung der Dampfma-
sehr wichtige Frage betrifft das Verhältnifs des zur
ng einer gegebenen Quantität Dampfes erforderlichen
les von *Brennmaterial*. Es giebt hierüber *theoretische*
ungen, wenn man die aus Erfahrungen gefundene
ler durch das Verbrennen der verschiedenen Combusti-
rzeugten Wärme (§. 168) zum Grunde legt und hier-
e Quantität des Dampfes berechnet, welcher durch ein
es Brennmaterial gebildet wird. Zwar sind die hiernach
eten Gröfsen sehr abweichend und obendrein in un-
baren Verhältnissen verschieden von den Resultaten im
, weil die mitwirkenden Bedingungen sich nicht wohl
ngeben lassen. Aufser den hierüber allgemein bekannten
ngen will ich mich nur auf DUFOUR[2] berufen, welcher
klich den Satz ausspricht, dafs die theoretischen Be-
ngen der Dampfmengen von den in der Praxis vorkom-
bedeutend abweichen, und auf eine Aeufserung ARA-
wonach die zu dick auf dem Roste aufgehäuften Kohlen
ofsem Verluste ihrer Heizkraft eine leicht gefährlich
de Menge entzündlicher Gase erzeugen. Inzwischen ist
t überflüssig, für einen, wenn auch nur genähert richti-

Dingler polytechn. Journ. Bd. XXXIX. S. 88. In dieser Zeit-
findet man überhaupt alles das sehr vollständig gesammelt, was
ampfmaschinen verhandelt worden ist; es würde aber zu weit-
seyn, alle Abhandlungen einzeln aufzuzählen.

Bibliothèque univ. T. XXXIV. p. 148.

A. a. O. am Ende der Abhandl.

Digitized by Google

gen, Anhaltpunct die hierüber bestehenden Bestimmungen zu kennen. Diese sind daher oben[1] mitgetheilt worden. Weil dabei eine falsche Gröfse zum Grunde lag, so sind auch die daraus abgeleiteten Werthe unrichtig geworden, und ich gebe sie hier die richtigen. Es liefert 1 Kub. Fufs Steinkohle von 1,45 spec. Gewicht gegen Wasser als Einheit, oder nahe 1 Centner, 23652 Kub. Fufs Wasserdampf von der Elasticität der atmosphärischen Luft; 1 Kubikfufs Holzkohlen von [illegible] spec. Gewicht, also etwa 18 Pfund, liefert 4080 Kubikfufs; 1 Kubikfufs Holz von 0,665 spec. Gewicht, also 47,5 Pfund, giebt 5100 Kubikfufs. Ueber den Torf läfst sich nicht etwas Bestimmtes angeben, weil seine Güte so ausnehmend ungleich ist. Nach Partington soll der Erfahrung gemäfs 1 Pfund Steinkohlen statt 10 Pfund Wasser nur 7 Pfund in Dampf verwandeln. Werden hiernach die obigen Gröfsen in diesem Verhältnifs reducirt, so giebt 1 Kubikfufs Steinkohle 1700 Kubikfufs Dampf; 1 K. F. Holzkohlen 2856 Kubikfufs Dampf; 1 K. F. Holz 3570 Kubikfufs Dampf von der Elasticität der atmosphärischen Luft.

566) Als bewegende Kraft hat man den Dampf, außer in Dampfmaschinen, auch zum Fortschleudern der Geschosse zu benutzen versucht, und eigene *Dampfkanonen* vorgeschlagen. Dasjenige, was hierüber in einem eigenen Artikel bereits mitgetheilt worden ist, bezieht sich hauptsächlich auf das, was Perkins hierin zu leisten versucht hat; das Urtheil fiel aber im Ganzen dahin aus, dafs dieses Mittel keinen bedeutenden Gewinn versspreche. Berücksichtigen wir die seitdem bekannt gewordenen Resultate der französischen Akademiker (§. 534), welche die Elasticität des Dampfes nur bis zu 24 Atmosphären steigen vermochten, weil die Liederungen der Gefäfse nicht mehr hielten, und vergleichen wir damit die Elasticität des Schiefspulvergases, die zwar nicht leicht genau bestimmt, nach Berzelius[4] aber bei 2,5 Pfund entzündeten Schiefspulvers 2087, bei 2 Pfund aber 2311 Atmosphären betragen

1 S. Art. *Dampf*. Bd. II. S. 480.

2 S. Art. *Dampfkanone*. Bd. II. S. 410.

3 Vergl. Dingler polyt. Journ. Th. XIX. S. 103. u. 223.

4 Dessen Jahresbericht. Th. VIII. S. 63.

ohl ohne Widerrede das ausgesprochene Urtheil ge-
, wonach der Dampf niemals bei praktischer Anwen-
gleiche Gewalt ausüben und gleiche oder auch nur
he kommende Leistungen gewähren kann. Wir dür-
nnehmen, dafs dieses durch die Erfahrung bestätigt
wenn der Dampf wirklich das leisten könnte, was
ersprochen wurde, so hätte man in den vielen seit-
ssenen Jahren längst Anwendung davon gemacht.
atmittheilungen ist mir bekannt geworden, dafs auch
rreichischen Staaten ein Künstler eine solche Kanone
welche auf gleiche Weise, als die späteren von
nit einem Magazine versehen war, aus welchem an
ler eben fortgeschleuderten Kugel sofort eine andere
ch also zwar viele Kugeln schnell hinter einander
n wurden, allein die eigentliche Schwierigkeit der
gt darin, Dampf von hinlänglicher Elasticität über-
insbesondere so zu bereiten, dafs die Wandungen
bei der nothwenig gesteigerten Hitze hinlänglichen
leisten, was nach dem jüngsten Beispiele des Zer-
n THILORIER's Apparate (§. 470) nicht ohne Ge-
ht werden kann.

fs ist dieses Problem einer gründlichen Untersuchung
ITL[1] unterworfen worden. Dieser berechnet aus den
len des Schiefspulvers, dafs die daraus entwickelten
C. einen 416,6fachen Raum einnehmen[2], und wenn
lenge Wärme, welche durch das Verbrennen der
teht, und zugleich die specifische Wärme der er-
se zum Grunde gelegt wird, so würden die letztern
mperatur von 8984° C. gebracht werden, was nach
eiläufig die Weifsglühhitze einer Schmiedeesse seyn
h diese exorbitante Hitze würde dann das Gas auf
osphären Druck gebracht werden; allein hierbei ist
entziehung durch die Wandungen nicht in Abzug ge-
en, verbrennendes Schiefspulver zeigt keine Weifsglüh-
efähr nur helles Kirschrothglühen, und diesem ge-
POUILLET (§. 165) nur etwa 1000° C. zu. Wenn
ernach das wirkliche Glühen des Schiefspulvergases

ücher des Wiener polyt. Instituts Bd. IX. S. 1.
l. Art. *Schiefspulver*. Bd. IX. S. 524.

bei seiner Explosion schätzen und demnach etwa auf ein
bentel herabsetzen, so würde dieses der eben mitgetheilten
stimmung von Berzelius sehr nahe kommen. Den
des im Schiefspulver enthaltenen Wassers sucht Prechtl
falls zu bestimmen, gelangt aber zu dem Resultate, dafs
Verzögerung des Verbrennens die Kraft des Schiefspulvers
durch auf keine Weise vermehrt wird, indem bei
Menge desselben eine zunehmend gröfsere Quantität
seiner Verwandlung in Dampf erforderlich ist, so dafs
selbst eine Schwächung der statt findenden Kraft
Erfahrungen mit eigentlich feuchtem Schiefspulver
dieses vollkommen. Die Verminderung der Wärme
Wandungen wächst aufserdem um so mehr, je
Verbrennen des Schiefspulvers erfolgt, und mufs
gen sehr bedeutend seyn, weil die Gröfse der
welche sie im Innern des Geschützes übergeht,
mälige Ausbreitung des Pulvergases stets zunimmt
die gröfste Kraft im ersten Momente der Entzündung
und der Schnelligkeit, womit diese erfolgt,
Hierzu nimmt Prechtl noch den Verlust, welche
sogenannten Spielraum erzeugt wird[2] und nach
fahrungen im Minimum $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$, im Maximum
soll, und gelangt sonach zu dem Resultate, dafs
des Pulvergases 1700 bis 2300 Atmosphären in
keit betrage. Wird hiervon eine Anwendung
dampf als bewegendes Mittel gemacht, so müfste

---

1 Es möge hier in Beziehung auf das ballistische
merkt werden, dafs zwar aus der allmäligen Ausbreitung
ses in Folge des hiermit verbundenen Wärmeverlustes
derung der Wurfkraft nothwendig hervorgeht, von
aber ein grofser Vortheil aus dem Umstande erwächst,
ersten verschwindend kleinen Zeitmomente langsamer
das zunehmend sich expandirende Gas fortdauernd
die erzeugte Geschwindigkeit stets zunimmt. Bei
lung des Pulvergases, wenn diese überhaupt möglich
Trägheit der Kugel eine unüberwindliche Reaction
liegt die Ursache, weswegen die Knallsalze, ungedämpft
tanen Explosion, die Kugeln bei weitem nicht so
vermögen, als das Schiefspulver. Vergl. Art.

2 Der nicht unbedeutende Verlust durch
besonders erwähnt worden, versteht sich aber

iche Kraft als das Pulvergas auszuüben, auch eine
Spannung, also im Mittel eine von etwa 2000 Atmo-
haben. Hierzu würde aber eine Wärme von 856°,25 C.
und wollte man auch nur bis 1000 Atmosphären ge-
würde dieses doch noch 662°,5 Hitze erfordern, also
ne solche, wobei das Metall glühet, mithin eine solche
rung seiner Cohäsion erleidet, dafs es dem erforder-
ucke durchaus nicht widerstehen kann. PRECHTL setzt
0 Atmosphären als die gröfste erreichbare Elasticität
erdampfes und rechnet jede höhere Steigerung zu den
hen Chimären; nach den neuesten französischen Ver-
irfte, wie schon bemerkt, diese Grenze noch tiefer
cken seyn. Ohne den ausführlichen Calcül hier wie-
n, wird es genügen, nur die Resultate herzusetzen.
n voraussetzt, dafs der Dampf mit seiner ganzen Kraft
auf die Kugel wirkt, bis sie die Mündung des Rohres
und nicht mit abnehmender Kraft, wie dieses beim
lvergas der Fall ist, so würde eine Spannung von
osphären erfordert werden, um der Kugel eine Ge-
gkeit von 1200 Fufs in der ersten Secunde zu ertheii-
in die hierzu erforderlichen Bedingungen sind nicht
vorhanden, denn obgleich der Dampf während seiner
ng aus dem Apparate nachströmt, so entweicht doch
neben der Kugel, und zum Ersatz des entweichenden
e Bildung von neuem durch zuströmende Hitze er-
erden, die in so kurzer Zeit nicht statt finden kann.
n mitgetheilten Nachrichten soll der bei PERKINS's
n verwandte Dampf wirklich eine Spannung von 60
iren gehabt haben. PRECHTL nimmt es als durch
erwiesen an, dafs ein Dampfapparat für einen Druck
tmosphären hergestellt werden könne, und das schnelle
n der Kugeln, so dafs deren wohl 120 in einer Mi-
eschossen werden können, würde sich gleichfalls be-
gen lassen, allein die Unbehülflichkeit der Maschine,
npfapparat allein 20 Centner wiegt, das vorausgehende
. s. w. machen sie zum Feldgebrauche nicht geeignet,
fte sie auf Schiffen anwendbar seyn. Bessere Dienste,
ECHTL, könnten gufseiserne, mit einem gemeinschaft-
hälter communicirende, Röhren leisten, aus denen Ku-
ch die in dem Behälter mittelst einer Dampfmaschine

Digitized by Google

comprimirte Luft geschossen würden; allein Gufseisen w
auf jeden Fall wohl ohne Ausnahme zu porös und rissig
wie unter anderem auch die französischen Akademiker be
Versuchen (§. 534) wahrnahmen, das luftdichte Schliefsen s
plicirter Apparate müfste grofsen Schwierigkeiten unterliegen,
Wirkung bliebe stets hinter der der Feuerwaffen zurück, u
ihren untergeordneten Effect würden sie zu viel Raum u
Bedienung zu viele Zeit erfordern; Gründe genug, war
sie nicht praktisch eingeführt hat. Die Berechnungen,
Prechtl für gröfsere Geschütze anstellt, wonach
eine einpfündige Kanone für acht Schüsse in einer Mi
unvermeidlichen Verlust mitgerechnet, 5,14 Kubikfu
in einer Secunde erzeugen müfste, die eine dem Feu
setzte Fläche von 100 Quadratfufs erfordern, zeigt
dafs jede Anwendung des Dampfes als ballistisches
Grofsen für den Felddienst unter die chimärischen P
und auch in den Festungen dem Schiefspulver w

Ueber die praktische Anwendung der mittelst
maschine comprimirten Luft zum Fortschleudern
kugeln urtheilt Prechtl selbst, dafs ihr unüber
dernisse entgegenstehn. Sie liegen hauptsächlich
möglichkeit, so sehr complicirte Maschinen durch
für eine hierzu erforderliche Compression herzustel
Entweichen der Luft neben den Stempeln der
pumpen zu verhüten, wenn man deren Reibung
mäfsig vergröfsern will. Es dürfte hiernach
auf die stets wieder erneuerten Vorschläge diese
samkeit zu verwenden, da die Hindernisse in
barkeit der Hauptbedingungen liegen, wie sinnreich
ihre Construction seyn mag. Letzteres ist allen
bei einem Apparate dieser Art, welchen W.
Schiffe und Festungen, namentlich zur Vertheid
schen, vorgeschlagen hat. Das Anlockende lieg
von Kugeln, die in einer kurzen Zeit vermöge
ten Magazins nach Art der tyroler *Windbüchse*
werden können, wobei man aber die Unbehilf
sicherheit der hierzu erforderlichen Maschine

1 Repertory of Patent-Inventions. T. V. Nr.
polyt. Instit. T. XIII. p. 289.

2 Vergl. Art. *Windbüchse*.

igsam die Menge der Kartätschenkugeln würdigt, die
emer gleichfalls in kurzer Zeit zu Gebote stehn; wo-
wenn es blofs hierauf ankäme, bei dem seit vielen
t gefundenen Gebrauche derselben sicher niemals eine
it Sturm erobert worden wäre.

Dampfmaschinen sind in neueren Zeiten vorzugs-
Bewegung der in unermefslicher Zahl vorhandenen
d kleinen Dampfschiffe und Dampfboote angewandt
Sie dienen zum Umdrehn der Räder, die durch die
ihrer Schaufeln gegen das Wasser die Schiffe fort-
ler der Schrauben, die sich durch ihre Umdrehung in
r hineindrängen und die Schiffe mit sich fortreifsen,
Treiben derjenigen Maschinen, welche vermöge der
hreitenden Technik vermuthlich in diesem Augenblicke
nden worden sind oder im Verlaufe der Zeit noch erfunden
d nach vorgängiger Prüfung demnächst zur Anwendung
verden. Hierüber ins Einzelne einzugehn würde zu weit
d ich beschränke mich daher darauf, in dieser Beziehung
bhandlung desgelehrten und erfahrenen BARLOW[1] zu
, welcher die Geschwindigkeit der Dampfboote je
Gröfse, der Kraft ihrer Maschinen und den Bedin-
b sie mit der Fluth oder gegen dieselbe sich bewegen,
rch Berechnung, als auch nach Versuchen zu ermit-
bestrebt hat. Die *Locomotiven* und deren Gebrauch
ahnen, die jetzt allgemein in Anwendung kommen,
ich ganz und bemerke nur deren bekannte gröfste
ligkeit. Eine derselben, der Planet, fuhr leer von
nach Manchester, 30 engl. Meilen, in 45 Minuten.
wir die engl. Meile zu 1760 Yards, den Yard zu 3
, so giebt dieses eine Geschwindigkeit von 55,07
in einer Secunde. Die Locomotive Snelheid fuhr zu
leer 2000 Ellen in 86 Secunden. Wird die Elle
. Linien gerechnet, so giebt dieses 49,42 Par. Fufs in
de. Eine sehr schöne neue Locomotive war zum Probi-
schine in die Höhe gehoben worden und die Maschine
laher blofs die Umdrehung der Räder. Indem ich die
Umdrehungen zählte, und die Gröfse der Peripherie

---

losoph. Trans. 1834. p. 309. Vergl. eine andere Abhand-
ngler's polyt. Journ. Th. XXXII. S. 351.

Digitized by Google

mafs, ergab sich die Geschwindigkeit eines Punctes der Pe
pherie sehr nahe 72 Par. Fufs in einer Secunde. Hiernach
wohl das Maximum der überhaupt möglichen Geschwindigk
und aus diesen drei Bestimmungen ein Anhaltepunct gege
welcher die Geschwindigkeit zu schätzen und mit anden
vergleichen gestattet[1]. Blofs beiläufig möge hier noch erwä
werden, dafs man auch gewöhnliche Wagen auf sehr ebe
Strafsen durch Dampfmaschinen zu bewegen gesucht hat,
dieses namentlich durch Burstall und Hill mit ihrer so
nannten Dampfkutsche geschah, auf deren Erfindung sie
Patent nahmen[2]. Endlich hat man den Wasserdampf von h
herer Temperatur und das am Verdampfen gehinderte, folg
über den Siedepunct erhitzte Wasser, ebenso wie die Dämp
anderer Flüssigkeiten und diese letzteren selbst, als stark
lösende Mittel in Anwendung gebracht, zu welchem Ende
man sich der *Digestoren* bedient. Zu dem, was hierüber ge
sagt worden ist[3], kann ich nichts Wesentliches weiter hinzufü
am wichtigsten dabei ist der dampfdichte Verschlufs, welch
durch etwas mit Unschlitt geschmeidig gemachten Hanf oder Le
nenfäden bis zur Verkohlungshitze dieser Substanzen am best
erreicht wird. Verlangt man noch stärkere Hitze, so wüfste
kein anderes Mittel, als Blei, und wollte man über den Schm
punct dieses Metalles hinausgehn, so würde man sich des Ge
des bedienen müssen, dessen Kostbarkeit jedoch eine Anwe
dung nur zu sehr wichtigen Zwecken gestatten dürfte. Im Ue
brigen sind verschiedene Constructionen der Digestoren angeg
ben worden, die jedoch für die jedesmaligen Zwecke sich le
finden lassen, sobald die Hauptprincipien einmal feststehn[4].

4) Gasbildung; Gasification.

568) Bei weitem die meisten Schriftsteller gestatten kei
Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen, bezeichnen be
durch den Namen *Gas*, und diejenigen scheinen sich von d
fast allgemein angenommenen Ansicht zu entfernen, die ei
Unterschied zwuschen beiden annehmen. Wäre diese M

1 Vergl. Art. *Geschwindigkeit*. Bd. IV. S. 1351.
2 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVI. p. 349.
3 S. Art. *Digestor*. Bd. II. S. 544.
4 Vergl. Jahrbücher des polytechn. Instituts. Th. XI. S. 516. T
XV. S. 205. Laboratorium. Hft. XXXVI.

unwidersprechlich und so fest begründet, dafs kein Zwei-
egen statt finden könnte, so dürfte auch neben der Un-
ang der Dampfbildung nicht zugleich von der Gasification
le seyn, beide wären vielmehr als identisch zu betrach-
nd wir müfsten annehmen, dafs die Gase auf gleiche
durch Auflösung tropfbarer Flüssigkeiten in Wärme er-
ürden, als dieses bei den Dämpfen der Fall ist. Die
ehnlichkeit beider Arten von Körpern und die un-
afte Thatsache, dafs verschiedene Gase durch Vermin-
ler Temperatur oder Vermehrung des Druckes in tropf-
ssigkeiten verwandelt werden, spricht sehr zu Gunsten
nsicht, und nach der Vorstellung, die wir uns, aner-
Thatsachen gemäfs, von der Wirksamkeit des Wär-
machen müssen, können wir nicht wohl umhin, die
n sowohl der Gase, als auch der Dämpfe von der
bzuleiten, wodurch also jeder wesentliche Unterschied
ihnen aufgehoben scheint. Allein aufser dem, was
ereits gesagt worden ist[1], führt eben die Erzeugung
Gase, verglichen mit der der Dämpfe, zu einem Un-
beider, den man ehemals nicht unangemessen da-
eichnete, dafs man die Gase für eine innigere, auch
ische genannte, Verbindung der Körpermolecüle mit
nestoffe ansah, als die Dämpfe. Wenn z. B. Sauer-
rch Glühen aus Braunstein ausgetrieben wird, so liegt
he bei der Sache, anzunehmen, dafs die hierzu ver-
ärme den Molecülen des Sauerstoffs auf gleiche Weise
mittheile, als dieses bei der Erzeugung des Dampfes
r der Fall ist; allein für absolut ausgemacht kann
t gelten, denn die Wärme könnte auch auf gleiche
Verbindung des Sauerstoffgasses mit dem Magnesium
ben und eine Trennung beider auf gleiche Weise
als dieses bei der durch verschiedene Körper absor-
geschieht, ohne dasselbe aus einer Flüssigkeit, wie
pfbildung, ganz eigentlich zu erzeugen. Sofern also das
s noch nicht tropfbar-flüssig dargestellt ist, kann auch
gemacht gelten, dafs es ursprünglich einer tropfbaren
:ugehöre und durch Erhöhung der Temperatur über dem
Siedepuncte derselben genau auf gleiche Weise, als

[1] Art. *Dampf.* Bd. II. S. 282.

Digitized by Google

dieses bei dem Dämpfen der Fall ist, gebildet werde. Dem aber läfst sich auch kein wesentlicher Unterschied beim diese Thatsache gründen; denn auch das kohlensaure Gas durch Hitze aus kohlensauren Salzen geschieden und sich dennoch durch vermehrten Druck tropfbar-flüssig darstellt

569) Von der andern Seite betrachtet bieten sich überall Unterschiede dar, die der scharfsinnige Forscher nicht übersehen kann. Zuerst zeigen die eigentlichen Dämpfe überall, von dünnsten, z. B. des Quecksilbers, bis zu den dichtesten, des Aethers, des Schwefelkohlenstoffs u. s. w., ein gewisses Verhältnifs zwischen den Temperaturen und den Dichtigkeiten sowohl, als auch den Elasticitäten, welches anderen Gasen nicht folgt, als diejenigen sind, die sich bei den Gasen zeigen. Werden die Dämpfe comprimirt, so scheidet sich ein Theil derselben flüssig aus, ohne dafs Elasticität und Dichtigkeit bei gleicher bleibender Temperatur eine Aenderung erleiden, was bei den Gasen nie der Fall ist. Man könnte sagen, diese Abweichung beruhe auf dem Umstande, dafs wir die permanenten Gase nicht im Zustande ihrer Sättigung kennen und sie also für Dämpfe halten müfsten, die in allen uns zu Gebote stehenden Temperaturen durch Wärme bereits über diesen Punct der Sättigung hinausgerückt seyen; allein so lange wir diesen Punct der Sättigung oder das Maximum ihrer Dichtigkeit nicht kennen, läfst sich auch nicht mit Gewifsheit behaupten, dafs dieser Punct vorhanden sey, wenn sich auch immerhin Wahrscheinlichkeitsgründe dafür beibringen lassen. Allerdings sind bereits einige sogenannte permanente Gase durch verstärkten Druck und Kälte flüssig gemacht worden, allein diese Versuche sind noch nicht genügend zahlreich, und zugleich hat man das Verhalten, welches die so gebildeten Flüssigkeiten zeigen, wegen der obwaltenden Schwierigkeiten noch nicht genugsam geprüft, um mit Sicherheit zu entscheiden, ob dasselbe ganz demjenigen gleich ist, welches wir bei den unter gewöhnlichen Umständen tropfbaren Flüssigkeiten gewahren; vielmehr scheinen sich allerdings hierbei Unterschiede herauszustellen, die jedoch gleichfalls bei weitem noch nicht genügend constatirt sind. Beispielsweise führe ich nur diejenigen Erscheinungen an, welche Thilorier[1] bei der flüssigen Kohlensäure wahrnahm, wenn

1 L'Institut 1835. N. 126. p. 357. N. 127. p. 331. Pogg. Ann. XXXVI. 141. Vergl. §. 470.

Digitized by Google

Angaben sich nicht mit absoluter Sicherheit verbürgen
Merkwürdig ist schon der Umstand, dafs die flüssige
säure durch Wärme stärker, als das Gas, ausgedehnt
soll. Wäre dieses bei allen denjenigen Flüssigkeiten
l, aus denen Gase entstehn, so würden diese und dem-
ittelbar auch die aus ihnen entstandenen expansiblen
keiten sich von denen wesentlich unterscheiden, die
rch Wärme in Dämpfe verwandeln; jedoch ist ein ähn-
Verhalten bei der schwefligen Säure bis jetzt wenigstens
eobachtet worden. Merkwürdig ist ferner die für zuneh-
Temperaturen so enorm wachsende Dichtigkeit der über
ssigen in Dampfform sich befindenden Kohlensäure, denn
C. beträgt das Volumen, welches einen gegebenen Raum
$\frac{1}{172}$ desselben, bei 30° C. aber $\frac{1}{3}$, so dafs also ihre
gkeit durch eine Temperaturerhöhung von 30° C. um das
he wächst, und auf gleiche Weise nimmt auch ihre
ität [zwischen 0° bis 30° C. von 36 bis 73 At-
ären zu. Allerdings läfst sich hiergegen sagen, dafs die
nsäure, um als Dampf aus der Flüssigkeit gebildet zu
n, schon eines sehr starken Druckes bedarf, und
ch bedarf auch der Wasserdampf nach einer genäherten
nung nur etwa 60° C. Temperaturerhöhung, um im Zu-
der Sättigung von der zu 30 Atmosphären gehörigen
ität bis zu 73 Atmosphären zu wachsen. Immerhin aber
das Verhalten der festen Kohlensäure ein eigenthümliches,
sie, unter atmosphärischem Drucke im festen Zustande
end, durch Wärmezufluſs von aufsen nicht tropfbar-
und dann in Dampf verwandelt wird, sondern unmit-
zur Expansion übergeht. Dürfen wir annehmen, dafs
emperatur der festen Kohlensäure durch ihre eigene Ver-
fung = — 100° C. ist, so müfste sie nach der Analogie
er Flüssigkeiten bei unverändertem Drucke einen höher
den Schmelzpunct und einen noch höher liegenden Sie-
ct haben; allein nach PARRY (§. 507) zeigte sich weder
ine noch das Andere bei einer Temperatur von — 45° C.,
ch aber gewahrte er in dieser Kälte einige weifse Flocken,
ohl nur feste Säure seyn konnten. Unverkennbar merk-
ig sind allerdings die Erscheinungen, welche die Kohlen-
in ihrem dreifachen Aggregatzustande darbietet, nament-
insofern sie hierbei von ungleicher Wärme ist, und mit

Digitized by Google

tropfbaren Flüssigkeiten vereint zur Expansion übergeht. Verdienen Mitchell's[1] Versuche volles Vertrauen, so brach flüssige Kohlensäure beim Festwerden die Temperatur auf — 65° C.; würde aber dem Wasserdampfe oder dem Dampfe irgend einer sonstigen Flüssigkeit unter einem Drucke von etwa 60 Atmosphären plötzlich freie Expansion gestattet, so würde sicher die vorhandene tropfbare Flüssigkeit hierdurch nicht in Eis verwandelt werden. Die gröfste, durch die Bildung der kohlensauren Gases aus der festen Kohlensäure an freier Luft erzeugte Kälte ging bis — 78° C., und selbst dann, wenn die Verflüchtigung durch Einwickeln in Baumwolle bedeutend verzögert wird, findet kein Uebergang zum Flüssigkeitszustande statt. Wird die Verdampfung der festen Kohlensäure durch Wegnahme der Luft unter der Luftpumpe gesteigert, so geht bei einer äufseren Temperatur von 30° C. die Kälte bis — 97,5 herab. Feste Kohlensäure mit Alkohol erzeugte eine Kälte von — 76° C., durch Gegenblasen erhöht ging sie bis — [illegible] und unter der Luftpumpe bis — 92°,25, mit Aether aber unter der Luftpumpe bis — 99° C. herab, mithin noch tiefer, als durch eigene Expansion für sich allein. Das Verhalten anderer, durch hohen Druck tropfbar gemachter Gase ist entweder gar nicht oder noch keineswegs genügend untersucht worden, und wir wissen nicht, welche Unterschiede ihres Verhaltens gegen das anderer Dämpfe sich hierbei zeigen könnten. Dagegen kennen wir noch einen Körper, welcher weit auffallender, als die Kohlensäure, aus dem Zustande der Starrheit unmittelbar und mit Ueberspringung des tropfbar-flüssigen Zustandes in den der Gasform übergeht, nämlich den Salmiak, welcher, unter gewöhnlichem Drucke und selbst im Vacuum fest, durch Hitze in Gas verwandelt wird, ohne eine Zersetzung zu erleiden. So viel ich weifs, hat man noch nicht versucht, dieses Gas durch starke Compression oder hohe Kältegrade tropfbar-flüssig zu machen; möglich ist es aber, dafs es sich hierbei ebenso, als die Kohlensäure, verhalten würde. Wäre aber das Verhalten aller Gase und Dämpfe vollkommen identisch, so müfsten wir Eis, feste Kohlensäure und Salmiak in Parallele setzen können, alle drei müfsten durch Temperaturerhöhung, wenn auch durch ungleiche, tropfbar-flüssig und dann expansibel werden; allein ein solcher

1 Silliman Amer. Journ. T. XXX. p. 352.

ständiger Parallelismus ist nach meiner Ansicht nicht wirk-
vorhanden, und so lange dieser fehlt, ist ein Unterschied
schen Gasen und Dämpfen nicht gänzlich in Abrede zu
en. Immerhin ist vielmehr das Verhalten der Gase, die
s höheren Druckes zum Uebergange in den Flüssigkeitszu-
d bedürfen, ein anderes, als das der Dämpfe, die schon
r gewöhnlichem Drucke in diesen Zustand übergehn.

Es giebt jedoch Gase, die unter gewöhnlichem Drucke und mittleren Temperaturen als permanent elastisch erscheinen, noch aber durch blofse Anwendung hoher Kältegrade den nalen Uebergang zur Tropfbarkeit zeigen, und deren Elatät dann ganz nach Art der Dämpfe mit steigender Wärme mmt. Aufser dem, was hierüber (oben §. 507) bereits etheilt worden ist, verdienen hauptsächlich noch diejenigen ltate beachtet zu werden, welche BUNSEN[1] aus seinen rdings angestellten Versuchen erhalten hat. Dieser brachte in Glasrohr ein Manometer, zog das Rohr in zwei feine ten an beiden Enden aus, legte es in einen Trog mit Kälschung, wodurch er die Temperatur bis — 50° C. herabte, füllte dasselbe mit dem ausgetrockneten Gase, welches darin bis zur tropfbaren Flüssigkeit verdichtete, schmolz Spitzen des Rohres zu und mafs die der steigenden Wärme hörige Elasticität mittelst des Manometers. Nur mit vier n gelang ihm dieses Verfahren, und sie gaben die in folter Tabelle enthaltenen Resultate, wobei die Elasticitäten letern angegeben sind, also 0,76 Meter den Siedepunct ichnen.

---

1 Poggendorff's Ann. XLVI. 97.

Digitized by Google

Temperatur	Elasticitäten. Schweflige Säure	Cyan	Ammoniak
— 33°,7 C.	. . . . .	. . . . .	0,749 Met.
— 30	. . . . .	. . . . .	. . . . .
— 25	. . . . .	. . . . .	. . . . .
— 20	. . . . .	0,80 Met.	. . . . .
— 15	. . . . .	1,10 —	. . . . .
— 10	0,78 Met.	1,41 —	. . . . .
— 5	1,11 —	1,73 —	3,04 —
0	1,48 —	2,07 —	3,61 —
+ 5	1,91 —	2,44 —	4,26 —
+ 10	2,39 —	2,88 —	4,98 —
+ 15	2,93 —	3,33 —	5,78 —
+ 20	3,54 —	3,80 —	6,67 —
+ 25	4,20 —	. . . . .	. . . . .

Auch die Elasticität des kohlensauren Gases über den [illegible] ist durch Mitchell[1] gemessen worden, ohne dafs ich [illegible] anzugeben vermag, welches Vertrauen diese Versuche [illegible]. Hiernach ist dieselbe bei 0° C. = 32 Atmosphären, bei 7°,22 = 45, bei 18°,89 = 60, bei 30° C. = [illegible] sphären.

Mögen wir uns hiernach für berechtigt halten, die [illegible] nannten permanenten Gase als identisch mit den Dämpfen zu betrachten oder einen Unterschied zwischen beiden [illegible], immerhin ist mindestens im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs beide ihren Expansionszustand durch die Wärme [illegible] und diese demnach als Ursache desselben gelten kann. Kommt es aber auf die Beantwortung der Frage an, auf welche Weise die Wärme den Expansionszustand herbeiführe und wie sich dieselbe dem Wesen nach hierbei verhalte, so ist darüber bereits das Erforderliche gesagt worden[2], und die Hypothesen, welche Herapath[3] in dieser Beziehung aufstellt, dürften wenig Befriedigung gewähren, um genauer erörtert zu [illegible].

1 Silliman Amer. Journ. T. XXXV. p. 354.

2 S. Art. *Gas*, *Wesen der Gasform*. Bd. IV. S. 1048 f.

3 Annals of Philos. New Ser. N. I bis IV. p. 197. [illegible] Dec. p. 466.

Google

) Chemische Wirkungen der Wärme.

) In einem eigenen Abschnitte war oben (§. 117) von rmeerzeugung durch Chemismus ausführlich die Rede. dort angeführten Thatsachen geht hervor, dafs durch ne Verbindungen, die nicht mit den kälteerzeugenden n zu verwechseln sind, bei gleichzeitig statt findender tung, selbst aber auch Verdünnung, Wärme frei wird, der innige Zusammenhang zwischen dem Chemismus Wärme hervorgeht. Hierbei ist aber die Wärme das e, das Hervorgerufene; hier dagegen, wo von den Wir- der Wärme die Rede ist, mufs diese die Ursache seyn, chemische Verbindungen erzeugt. Auch hiervon war zu- beiläufig die Rede, und es ist allzubekannt, wie oft die er von Verbindungen reden, die nur bei gewissen hö- emperaturen oder, wie es heifst, in der Hitze erzeugt

Da diese aber zunächst in das Gebiet der Chemie ge- es überhaupt zu weit führen würde, alle die Fälle auf- n, in denen die Trennungen und Verbindungen der Kör- ch Wärme möglich gemacht und erleichtert werden, hier pt nur von der Aufstellung der allgemeinen physikali- Gesetze die Rede seyn kann, so wird es genügen, blofs sweise zu erwähnen, wie unter anderem das Eisen nur die Glühhitze vermocht wird, sich mit dem Sauerstoff nosphärischen Luft zu verbinden, das Wasser zu zerle- len Schwefel im Zinnober vom Quecksilber zu trennen ., wegen des Ganzen aber dahin zu verweisen, wo diese e bereits genügend untersucht worden ist[1].

ie *Erzeugung des Lichtes durch Wärme* in den glü- Körpern oder die Erregung der Lichtwellen wollen wir n einem eigenen Abschnitte aufführen, da man gewohnt e Strahlen der leuchtenden Wärme mit den Lichtstrahlen ntisch oder genau zusammenfallend zu betrachten, und as Verhältnifs zwischen Licht und Wärme oben in den nitten, worin der Ursprung der Wärme und ihr Verhal- örtert wurden, ausführlich gehandelt worden ist.

S. Art. *Verwandtschaft.* Bd. IX. S. 1869 u. 2023.

Digitized by Google

6) Erhaltung und Beförderung des vegetabilischen und animalischen Lebensprocesses.

571) Wie durch den Chemismus Wärme erzeugt und umgekehrt chemische Verbindungen durch Wärme bedingt werden, ebenso ist dieses auch in Beziehung auf den Lebensprocefs der Fall. Wollen wir da, wo es sich um allbekannte Dinge handelt, unnöthige Weitläuftigkeit vermeiden, so genügt es, zuvor nur kurz zu bemerken, dafs die Wärme im Allgemeinen die Möglichkeit des vegetabilischen und animalischen Lebensprocesses bedingt, denn bei absoluter Abwesenheit sowohl, als bei übermäfsiger Intensität derselben hört er gänzlich auf, da es schon Puncte auf der Erde giebt, wo alles vegetabilische Leben gänzlich erstorben ist, und nur wenige Gattungen von Animalien sich meistens in und auf dem wärmeren Meereswasser zu erhalten vermögen, von der andern Seite aber hohe Grade der Hitze, wenn sie nur den Siedepunct des Wassers erreichen, alle diejenigen Verbindungen der Körper zerstören, die des Lebensprocesses fähig sind. Die Wärme steht aber mit dem Lebensprocesse in noch näherer unmittelbarer Verbindung, indem es eine gewisse mittlere Stärke derselben giebt, die am geeignetsten ist, den Ursprung, das Wachsthum und das Gedeihen des vegetabilischen Lebens zu befördern, während über die Grenzen dieses mittleren Zustandes hinaus sowohl durch Vermehrung als auch durch Verminderung der Wärme ihre vortheilhafteste Wirksamkeit abnimmt und endlich verschwindend in Zerstörung übergeht. Die Pflanzenwelt erträgt allerdings weit leichter höhere Wärmegrade, als die Thierwelt, und doch erstreckt sich dieses nur auf einige Species; dagegen widerstehn die Animalien leichter einer intensiveren Kälte, wenn sie gegen den unmittelbaren Einfluss derselben durch geeignete Bekleidung geschützt sind. Inzwischen ist dieser Gegenstand in Beziehung auf die Vegetabilien bereits an zwei Orten, wo er nothwendig berücksichtigt werden mufste, bei der Untersuchung des *Klima's*[1] und der *Temperatur*[2], genügend untersucht worden.

---

1 S. Art. *Klima.* Bd. V. S. 895.

2 S. Art. *Temperatur.* Bd. IX. S. 354. Unter vielen andern ist eine interessante Abhandlung über diesen Gegenstand die von Aug. Pyr. de Candolle über die Verbreitung des organischen Lebens im Recueil des Actes de la

:ksichtlich der Animalien gab die Untersuchung der thie-
Wärme eine schickliche Gelegenheit, hierüber zu han-
Daneben aber verdient dieser Gegenstand auch in der
ren Beziehung die Aufmerksamkeit des Beobachters, als
auf der höchsten Stufe irdischer Wesen stehenden Ani-
Ursache und Wirkung weise gegen einander abgewogen
idem diese die zu ihrer Existenz erforderliche Wärme aus
bst produciren. Bei den minder vollkommen organi-
Thierclassen ist dieses weniger der Fall, sofern bei ihnen
nterschlafe die erforderliche Wärmeproduction abnimmt,
eitig hiermit aber auch die Intensität ihres Lebenspro-
Der vollendetste Organismus zeigt sich dagegen bei
enschen, sofern diese, besser als alle übrige Thiere, den
ien der verschiedensten Temperaturen widerstehn. Bei
wie bei den warmblütigen Thieren überhaupt, verdient
auch der Umstand bewundernde Beachtung, dafs nach
höchst merkwürdigen Naturgesetze die Production und
ation der Wärme sich insofern das Gleichgewicht halten,
e nachtheilige Anhäufung sowohl, als auch Entziehung
lb gewisser Grenzen nicht statt finden. Becquerel und
ET[1] (§. 198) stellten mit ihrem thermoelektrischen Ap-
der zugleich mit einem Sorel'schen verbunden war, eine
von Versuchen an, aus denen diese Beständigkeit der
lichen Wärme augenfällig herhvorging. Das Innere der
öhle, wenn man die eine Löthstelle der vereinten Drähte
ie brachte, die andere aber in Wasser von bestimmter
e senkte, fanden sie zum Messen der animalischen Wär-
ir geeignet. Wurde der Arm eines Menschen in Wasser
ien 0° und 10° C. getaucht, so änderte sich die Wärme
ceps binnen einer Stunde nicht merklich, und ebenso
war dieses der Fall, wenn er in Wasser von 42° C.
t war. Safs der Mensch 20 Minuten in einem Bade von
., so stieg die Wärme des Muskels nur um 0°,2 bis
und auch dann, als die Löthstelle neben einer Vene ein-
kt war, aus welcher durch Venensection Blut gelassen
, sank die Temperatur nicht merklich.

) publique de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Petersb. 1839.
ff.

Compt. Rend. 1838. Avr. 9.

Digitized by Google

7) Wirkungen der Wärme auf Magnetismus und Elektricität.

572) Der innige Zusammenhang der Wärme mit den magnetischen, magnetischen und magnetoelektrischen Erscheinungen ist eine sehr bekannte und in diesem Werke bereits oft berührte Thatsache, weswegen es im Ganzen genügen wird, hierauf zu verweisen. Wollen wir die Hauptpuncte kurz nochmals bezeichnen, so möge zuvor bemerkt werden, dafs nach der Ansicht einiger Physiker Magnetismus und Elektricität ihrem Wesen nach identisch sind, welche Ansicht wir jedoch nicht theilen, inzwischen ist der Unterschied dieser Meinungen hier auf jeden Fall von keiner Bedeutung und möge nur zur Rechtfertigung dienen, wenn wir die Wirkungen der Wärme auf den Magnetismus von denen trennen, die sie auf die Elektricität ausübt.

Der Einfluſs der Wärme auf den Magnetismus ist in einem eigenen Abschnitte[1] ausführlich erörtert worden und die dortigen Untersuchungen führen im Ganzen zu dem Resultate, daſs die magnetische Kraft künstlicher Stahlmagnete, wie auch die Anziehung des Eisens durch Wärme vermindert, durch Glühhitze aber gänzlich aufgehoben wird. Diese Thatsache kann wohl als unerschütterlich feststehend gelten, ob aber auf gleiche Weise anzunehmen ist, daſs die magnetische Kraft mit der Verminderung der Temperatur fortdauernd wachse, wenn man zu Graden sehr intensiver Kälte übergeht, ist wohl noch nicht auf gleiche Weise constatirt, mindestens spricht eine interessante Beobachtung von Ross[2] dagegen, wenn anders der darauf gebauete Schluſs richtig ist. Derselbe lieſs zu Fury 12 Magnetnadeln zurück und fand, als er sie bei seiner Rückkehr wieder untersuchte, ihre magnetische Kraft gänzlich verschwunden, was er der strengen Kälte beimiſst, welche während der längeren Zeit ausgesetzt waren. Die Frage verdient durch wiederholte Versuche näher erörtert zu werden.

573) Ungleich bekannter und weit wichtiger ist die Wirkung, welche die Wärme auf die Erregung und das Verhalten der Elektricität bei verschiedenen Körpern äufsert. Sie ist

1 S. Art. *Magnetismus*. Bd. VI. S. 836.

2 Appendix to a second Voyage cet. p. CIX.

eiten ist bekannt, dafs die zur Reibungselektricität
Apparate durch Erwärmung für ihren Zweck weit
werden. Genau genommen ist dieses wohl aus-
die Folge der besseren Isolirung, denn auch die
enannten idioelektrischen Körper zeigen zuweilen gar
tricität, sobald ihr Feuchtigkeitszustand eine gewisse
eicht[1], abgesehn davon, dafs die feuchte Luft die
t zu sehr zerstreut, nicht genügend isolirt, daher ihre
hindert und zuletzt gänzlich aufhebt. Der Hauptsa-
dürfen wir unbedenklich hierbei stehn bleiben; denn
ch es sey durch Becquerel's und meine eigenen
erwiesen oder mindestens wahrscheinlich gemacht,
Wärme in allen Körpern Spuren von Elektricität her-
so sind diese doch auf jeden Fall zu schwach, als
er durch Reibungsmaschinen erzeugten eine mefsbare
zusetzen könnten. Ferner kannte man schon seit
Zeit die sogenannte *Krystallelektricität*, die zuerst
alin wahrgenommen wurde, und welcher daher ein
tikel gewidmet ist[3].

Aufgabe in ihrem ganzen Umfange und in ihrer ei-
Wesenheit, sofern es sich um die Erregung der
t sowohl im Turmalin, als auch in sonstigen Kry-
ndelt, namentlich um die Beziehung derselben zur
Axen und zur Krystallform derselben, kann hier nicht
suchung kommen, wo zunächst von den Wirkungen

---

nn ich bei meinen Versuchen in Poggendorff's Ann. XXII.
te, dafs einige Feuchtigkeit die erzeugte Thermoelektrici-
tärken scheine, so steht dieses mit dem bekannten nach-
nflusse der Feuchtigkeit nicht im Widerspruche; denn erst-
ei von einem stark feuchten Zustande nicht die Rede, und
id jene elektrischen Erregungen so schwach, dafs sie für
der Maschinenelektricität gänzlich verschwinden.

rgl. §. 471 und die daselbst befindlichen Nachweisungen.
geht in dieser Beziehung wohl zu weit, wenn er in Traité
al de l'Électricité et du Magnétisme. Par. 1840. T. VI.
gt: *La chaleur et l'électricité dérivant du même principe,*
tes les apparences, et manifestant souvent leur action en
s etc., im Allgemeinen aber läfst sich seit der Entdeckung
roelektricität der innige Zusammenhang beider nicht ver-

Art. *Turmalin*. Bd. IX. S. 1088.

Digitized by Google

der Wärme die Rede ist, und wir müssen uns daher begn
nur die vorzüglichsten Arbeiten, wodurch unsere Kenn
dieses Problems neuerdings erweitert worden ist, im Allgeme
anzuzeigen. An die bereits genannten gründlichen Untersuch
gen von Brewster[1] und Becquerel[2] schliefst sich eine
beschränkte von Köhler[3] an, welche sich auf den Turm
das Kieselzinkerz und den Boracit bezieht. Blofs dem T
malin gewidmet ist eine ausführliche Abhandlung von G. Ro
welche jedoch zunächst die Bestimmung seiner Krystallf
und deren verschiedene Modificationen, zugleich aber das h
mit in genauester Verbindung stehende thermoelektrische
halten desselben berücksichtigt. Nach einer grofsen Zahl
Versuchen läfst sich die Art der Elektricität, welche die b
den Enden der Turmalinkrystalle durch Erwärmung und W
derabkühlung annehmen, auch ohne Versuche aus der K
stallform im voraus bestimmen, indem die Flächen des
wöhnlich vorkommenden dreiseitigen Prisma's und des Rhom
boëders hierfür einen Anhaltepunct darbieten. Das Ende d
Turmalinkrystalle, an welchem die Flächen des Hauptrhom
boëders auf den Flächen des dreiseitigen Prisma's aufgesetzt sin
wird bei abnehmender Temperatur negativ, also bei zunehme
der positiv elektrisch; dasjenige Ende dagegen, an welch
die Flächen des Hauptrhomboëders auf den Kanten des dr
seitigen Prisma's aufgesetzt sind, wird bei abnehmender Te
peratur positiv, bei zunehmender also negativ. Uebrigens
die Stärke der Elektricität keineswegs bei allen gleich, sonde
wechselt von sehr grofser Intensität bis zu kaum wahrnehm
baren Spuren. Starke Elektricität zeigen solche Krystalle, d
im Innern rein und nicht klüftig sind, also einen muschlig
Bruch haben. Dahin gehören die hellgefärbten und durchsich
tigen Krystalle, welche die schwarzen und undurchsichtig
in dieser Beziehung weit übertreffen. Inzwischen scheinen no
andere unbekannte Bedingungen mitzuwirken, indem unter de
schwarzen manche zwar sehr rein, dennoch aber nur schwa

---

1 S. Art. *Turmalin*. Bd. IX. S. 1094. Die Abhandlung findet sich auch in Poggendorff's Ann. II. 297.

2 S. Art. *Turmalin*. Bd. IX. S. 1097.

3 Poggendorff's Ann. XVII. 146.

4 Ebend. XXXIX. 285.

ch sind[1]. Einen schätzbaren Beitrag zur Erweiterung Kenntnifs der Krystallelektricität hat P. Erman[2] ge- Dieser untersuchte zuerst den *Marekanit*, und fand ie sonderbare Eigenschaft, dafs derselbe bald durch Rei- f Tuch elektrisch wurde, bald gar keine Spur von cität zeigte und in dieser Veränderlichkeit anscheinend rgend einen Grund wechselte. Letzterer lag aber nach idenden und unzweideutigen Versuchen in dem Ein- ler ungleichen Temperatur, wonach diese Krystalle, so- ie hellen, als auch die trüben, unter 15° vollständig sind, über dieser Temperatur aber zu isoliren anfangen i 30° in vollkommene Isolatoren übergehn. Der Ge- lag sehr nahe, dafs ihr Leitungsvermögen bei geringerer e eine Folge vorhandener Feuchtigkeit sey, die bei hö- chwinde, allein directe Versuche bewiesen die Unzuläs- dieser Voraussetzung. Eben diese Eigenthümlichkeit sich auch mehr oder weniger entschieden bei den *Ob- en*, bei vielen *Laven* und im hohen Grade beim *Di-*; vermuthlich aber liegt in der hierdurch erzeugten Unsi- it der Grund, weswegen die Mineralogen auf das elektri- erhalten der Fossilien, als Kennzeichen, keinen hohen legen. Nach Erman ist diese Eigenthümlichkeit sehr x, da das bis zum Glühen erhitzte Glas die Elektricität allein es ist mindestens höchst wahrscheinlich, dafs die- i den genannten Fossilien gleichfalls sich zeigen würde, edoch nicht ausschliefst, dafs bis 15° über 0 Leitung statt , denn aus dem oben erwähnten und anderweitig allge- bekannten Verhalten des Glases ist wohl unzweifelhaft, ie Isolirungsfähigkeit desselben gleichfalls mit zunehmen- emperatur von 0° anfangend wächst, wenn sie auch bei ger Wärme nicht ganz aufhört, beim Glühen desselben aber icht mehr vorhanden ist. Der *Turmalin* wird nach Er- s Versuchen unter gehöriger Behandlung durch Reiben sch-elektrisch, und in Beziehung auf seine Thermoelek- ät fand er die bisher beobachteten Erscheinungen dem

[1] Die Versuche von Forbes, die man auch in London and Edin- Philos. Magaz. N. XXVI. p. 133 findet, sind bereits erwähnt en.

[2] Aus Berliner Denkschriften für 1829 in Poggendorff's Ann. . 607.

Digitized by Google

Wesen nach bestätigt. Der *Topas* bot anfangs sehr von ander abweichende Resultate dar, nach fortgesetzter ge Prüfung aber wird der brasilianische Topas ohne allen Ei der Reibung oder Berührung durch Wärmeänderung elektr und zwar bestimmt polarisch, jedoch mit der Anomalie, die negative Elektricität in der Axe und den hiermit paral Linien statt findet, die entgegengesetzte positive aber ihre R tung senkrecht auf die Axe und ihren Sitz überall an der rimetrischen Oberfläche aller Seitenflächen hat. Dieses Ver ten läfst sich, so wie die Elektricität des *Boracits*, am be prüfen, wenn man einem feinen Bohnenberger'schen Elek meter einen sehr kleinen Teller giebt, den Krystall darauf l und eine der Flächen oder Ecken, die der aufliegenden ge über stehn, ableitend berührt, wodurch dieser ihre Elektri entzogen, die ihr gegenüberstehende aber frei und durch Elektrometer mefsbar wird. In den sogleich folgenden Un suchungen werden übrigens die beim Topase wahrgenomme Abweichungen anders erklärt.

574) Vorzugsweise auf die Bestimmung sowohl derjeni sämmtlichen Krystalle, welche durch Temperaturveränderun elektrisch werden, als auch der Eigenthümlichkeiten ihres V haltens, welche sich in dieser Hinsicht zeigen, bezieht s eine ausführliche Abhandlung von W. Hankel[1], deren w sentlicher Inhalt hier mitgetheilt zu werden verdient. Z Messen der erzeugten Elektricität diente ein Bohnenberger'sc Elektrometer, dessen beide Säulen auf zwei Kupferblechen r ten, die mittelst dünner, durch das Glasgefäfs hindurchgeh der, mit Knöpfchen versehener Stängelchen übereinander v schiebbar waren, um die Säulen einander der schwächer Spannung angemessen mehr zu nähern. An den Stift des Ele trometers, von welchem das Goldblatt herabhängt, wurde feiner, von einer umsponnenen Guitarrensaite genommene, wundener Draht befestigt und dessen anderes Ende nach g höriger Isolirung entweder mit dem Krystalle in Berühru gebracht, oder meistens mit einem kleinen messingnen Te chen verbunden, auf welchem der Krystall und zugleich

1 Dissert. de Thermoelectricitate crystallorum. Hal. 1839. Po gendorff's Ann. XLIX. 493. Quaestionis de thermoelectricitate c stallorum P. altera. Hal. 1840. Poggendorff's Ann. L. 237. 471. 6

eines Thermometers lag, welche beide durch eine unter-
e Weingeistlampe eine gleiche Temperatur erhielten.
tersuchten Krystalle sind folgende:

Zucker, dessen Elektricität Brewster zuerst wahr-
Beim Erwärmen desselben wächst sein polares Verhal-
der Zunahme der Temperatur, bis letztere nicht mehr
ortschreitet, worauf sich die Pole umkehren, nachdem sie
durch 0 gegangen sind, und bei fortgesetzter Abkühlung
schwache, dann aber stärkere Wirkungen zeigen, bis
iese entgegengesetzte verschwindet, bei wieder beginnen-
itze aber wieder zur ersteren übergeht. Kommt der
ll zum Schmelzen, so verschwindet alle Elektricität.
Weinsäure zeigt beim ersten Erwärmen zuweilen keine
cität, verhält sich aber später fast ganz ebenso, wie der

Weinsaures Kalinatron darf wegen leichter Schmelz-
nicht stark erwärmt werden, zeigt aber gleichfalls Po-

Beim *Kieselzinkerz* zeigte das verwachsene Ende —,
, beim *Axinit* und *Prehnit* dagegen +, — El., vom
p aber zeigten selbst einzelne Nadeln beide Elektrici-

Die Versuche mit verschiedenen *Turmalinen* gaben im
eine Bestätigung dessen, was Rose gefunden hat, je-
neint Hankel, sie zeigten insgesammt, auch die schwar-
d undurchsichtigen, deutlich wahrnehmbare Spuren von
cität, jedoch einige erst dann, wenn sie nach dem Er-
n sich wieder abkühlen. Wenn Priestley behauptet,
urch Drücken eines isolirt gehaltenen Krystalles die von
im Abkühlen angenommene Elektricität in die entgegen-
e übergehe, so soll dieses davon herrühren, dafs nicht
das Drücken, als vielmehr die Berührung, die zugleich
dem beliebigen leitenden Körper geschehen kann, die
dene ableite und die entgegengesetzte bestimme, sich
en ganzen Krystall zu verbreiten, worauf dann nach ei-
Zeit die weggenommene wieder zum Vorschein komme.
zeigt sich noch auffallender, wenn man den Krystall
en isolirten, mit dem Elektrometer verbundenen Leiter
und die Flächen des unteren Endes ableitend berührt, in
m Falle das Elektrometer die Elektricität des oberen an-

Digitized by Google

giebt. PRIESTLEY fand ferner bei ungleich erwärmten malinen zuweilen beide Enden gleichnamig elektrisch, BECQUEREL[1] glaubt, dafs in diesem Falle nur eine Elekt vorhanden sey, aber nur so lange, bis die entgegenge durch hinlängliche Erwärmung hervorgerufen werde, wel HANKEL zu oft eine sofortige Umkehrung der Pole wahr und nicht wahrscheinlich erachtete, dafs die geringste Te raturerhöhung sogleich eine Umkehrung der Pole des ei ten Krystalls herbeiführe, so schlofs er, dafs die Elektri des kälteren Endes, wenn sie der des anderen sich ablö den gleich ist, durch Erwärmung erzeugt werde, in wel Falle dann in der Mitte die entgegengesetzte Elektricität v handen seyn mufste, was auch der Versuch, jedoch mit gender Modification, vollkommen bestätigte. War das ei Ende beim Abkühlen positiv, so gelang es, die positive E tricität am andern Ende gleichfalls hervorzurufen, und die M zeigte dann negative, die sich durch Ableitung der an beid Enden befindlichen bedeutend verstärken liefs. War aber beim Erkalten negative Ende das heifsere, so zeigte es b Herausnehmen aus der Flamme negative Elektricität; doch w die nächsten Theile bereits positiv, und positive Elektri zeigte sich über den ganzen Krystall verbreitet.

f) Die *Topas-Krystalle* sind gewöhnlich an einen E zerbrochen, und werden in der Art elektrisch, dafs das a bildete Ende beim Erwärmen —, beim Abkühlen + Elek cität zeigt. Das von P. ERMAN (§. 573) wahrgenommene a male Verhalten soll eine Folge des Umstandes seyn, dafs Krystall häufig sowohl beim Erwärmen, als auch beim Er ten positive Elektricität vorherrschend zeigt, sobald er auf ei Seite liegt. Bei einem sibirischen Exemplare zeigten sich ersten Spuren der Thermoelektricität durch eine Erwärmung 40°, selten aber traten beide Elektricitäten deutlich hervor, dieses Fossil scheint daher weniger zur Polarität geneigt, bl aber lange Zeit elektrisch.

g) Am *Titanit* konnte HAUY kaum Spuren von Elek cität entdecken, HANKEL brachte es aber so weit, dafs Goldblättchen anschlug. Am einfachsten läfst sie sich wa nehmen, wenn man die Krystalle auf einen isolirten, mit Elektrometer verbundenen Leiter legt, wobei man 4 elektris

1 Traité d'Élect. et du Magnét. T. II. p. 64.

P, P', y, y' entdeckt, und also entweder zwei parallele, zwei sich kreuzende Axen vorhanden seyn müssen, jene entgegengesetzten, diese mit gleichnamigen Polen. Ge- e Untersuchungen zeigen aber, dafs die erste Voraus- ng die richtige sey, und dafs zwei parallele Axen mit un- namigen Polen an beiden Enden anzunehmen sind; denn it Y' und P mit Y zeigen sich stets entgegengesetzt isch.

h) Eine ausführliche Mittheilung der in 46 Versuchsreihen enen Resultate über die Erregung und den Wechsel der ricität des *Boracits* würde zu viel Raum erfordern, und rd also genügen, zu bemerken, dafs auch bei diesem Fos- lie Wärme Elektricität hervorruft, und zwar so, dafs die Temperaturerhöhung hervorgerufene durch Temperatur- inderung in die entgegengesetzte übergeht, das polarische alten also keinem Zweifel unterliegt.

i) Sehr merkwürdig in vorliegender Beziehung ist der rz, indem derselbe drei elektrische Axen mit entgegenge- en Polen hat und demnach auf den 6 Prismenflächen die positiven mit den drei negativen abwechseln. Vielleicht es aufserdem noch eine vierte schwächere in der Rich- der Hauptaxe. Häufig verschwindet jedoch nach der Lage Krystalle der eine oder der andere Pol, was dann auf die gen einen Einflufs ausübt. Wird z. B. durch die Unterlage negativer Pol abgeleitet, so überwiegt überall die positive tricität, und wenn diese die noch übrigen zwei Pole nicht vernichten vermag, so schwächt sie dieselben wenigstens. Vergleichung der Vertheilung der Elektricität beim Berg- tall mit der beim Turmalin und die Berücksichtigung ihrer schen Verschiedenheit führt zu der Vermuthung, dafs zwi- n ihren optischen und elektrischen Axen ein Zusammenhang finde.

575) Von der Erregung der Elektricität durch Wärme, der ntlich sogenannten *Thermoelektricität*[1], ist bereits in einem

1 Man redet sowohl von *Thermoelektricität*, als auch von *Thermo- netismus*, allein die erste Bezeichnung ist wohl unzweifelhaft die tige, denn der erzeugte Strom ist ohne Widerrede ein elektri- r, die Identität der Elektricität und des Magnetismus aber wegen Verschiedenheit ihrer Aeufserungen unzulässig, wenn sich gleich

Digitized by Google

eigenen Artikel[1] ausführlich gehandelt worden, und es kön daher hier nur einige nachträgliche Bemerkungen aufgenom werden. Diese stehn aber gerade mit der Wärme im näch Zusammenhange. Wir erwähnen eine hierauf bezügl Aeufserung von Draper[2], wonach die Thermoelektricität z zunehmender Temperatur zwar wachsen soll, aber nur unb deutend. Wäre diese Behauptung richtig, so würde aus i nothwendig folgen, dafs eine Messung der Temperatur mitt der Gröfse der Ablenkung der Magnetnadel durch den therm elektrischen Strom unzulässig seyn müfste, denn diese set voraus, dafs die Tangente des Abweichungswinkels der Tem peratur direct proportional sey. Es scheint überflüssig z seyn, auf eine Widerlegung dieses Satzes einzugehn, nachdem wir so oft die Messungen der Temperaturen mittelst des Ther momultiplicators in den bisherigen Untersuchungen als durch ein genügend genaues Mefsinstrument geschehn erwähnt haben und überhaupt die thermomagnetischen Thermometer als eigens den Forderungen durch ihre Genauigkeit genügende Apparate anerkannt werden[3]. Inzwischen wollen wir, aufser dem, was hierüber bereits gesagt worden ist[4], die zur Erledigung dieser Frage gehörigen Versuche von Becquerel[5] hier mittheilen. Dieser senkte von den beiden Löthstellen zweier Metalldräht die eine in schmelzenden Schnee, die andere in heifses Wasser, mafs die Ablenkung der Magnetnadel des Thermomultiplica tors, mit dessen Enden die Drahtenden der thermoelektrischen Kette verbunden waren, bestimmte hieraus die Intensitäten des elektrischen Stromes, und verglich diese mit den berechneten, woraus folgende Resultate hervorgingen.

---

beide, ebenso wie Elektricität und Wärme, stets vereint finden und sich wechselseitig bedingen.

1 S. Art. *Thermoelektricität.* Bd. IX. S. 731.

2 Lond. and Edinb. Phil. Magaz. N. CV. p. 451.

3 Vergl. Art. *Thermometer.* Bd. IX. S. 998.

4 S. Art. *Thermoelektricität.* Bd. IX. S. 781.

5 Ann. de Chim. et Phys. T. XLI. p. 353. T. XLVI. p. 316. Schweigger's Journ. LVII. 311.

reinte Metalle	Temperatur d. Löthstelle	Ablenkung d. Nadel	Intensitäten d. Stromes gefundene	Intensitäten d. Stromes berechnete
	40° C.	52°	76	76
n und Silber . .	30	45	56,76	57
	20	40	33	38
	10	27	18,80	19
	40	—	—	80
n und Kupfer . .	30	48	50,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
	40	41	40,40	40
fer und Platin .	30	36	30,23	30
	20	28	20,10	20
	10	18	10	10
	40	—	—	—
er und Zinn . .	30	48	59,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
	40	34	27,20	26,84
pfer und Silber . .	30	28	20	20,13
	20	22	13,30	13,42
	10	13	6,60	5,71

s in sehr hohen Hitzegraden leicht Abweichungen von die- Gesetze der Proportionalität eintreten, ist bereits erwähnt den.

Als eine interessante Zugabe zu dem, was bisher über die nbinationen der Metalle zu thermoelektrischen Ketten be- nt war, möge hier noch eine Entdeckung Poggendorff's[1] ähnt werden. Dieser fand, dafs eine Verbindung aus Eisen l Neusilber (Packfong) die aus Platin und Eisen ersetzt, nn es um die Messung starker Hitzegrade zu thun ist, ja s sie dieser wegen ihrer Wohlfeilheit noch vorzuziehn, zu- ich aber empfindlicher ist. Das Neusilber ist nach Seebeck[2] der thermoelektrischen Reihe ein sehr positiver Körper, folgt ich auf Wismuth und Nickel und steht daher über dem tin. Wirklich übertrifft eine solche Kette auch die aus Ei- n und Platin hinsichtlich der Stromstärke bedeutend, wovon ggendorff selbst sich durch eine Vergleichung mit Hülfe

1 Poggendorff's Ann. L. 250.
2 Ebend. VI. 155.

Digitized by Google

eines sogenannten Differential-Galvanometers überzeugte. Mi der wichtig ist eine ältere Bemerkung von NORDENSKIOLD Hiernach umwindet man einen Stab Antimon von 8 Zoll Läng und 0,5 Zoll Dicke an seinen beiden Enden mit den beide Enden eines Messingdrahtes und erhält durch Erhitzung de einen Endes sogleich Spuren elektrischer Strömung. Hiernac würde also blofse genaue Berührung heterogener Metalle zu Erzeugung eines elektrischen Stromes durch Erwärmung genü gen, statt dafs man dieselben gewöhnlich zusammen zu löthen pflegt. In welchem Verhältnifs der Stärke beide Methoden zu einander stehn, ist, so viel ich weifs, auf jeden Fall noch nicht genügend untersucht worden.

Endlich wollen wir zum Beschlufs noch die Bemerkung hinzufügen, dafs HANSTEEN[2] selbst die Ursache der *täglichen magnetischen Oscillationen* im Thermomagnetismus sucht. Diese Ansicht eines um die Erscheinungen des tellurischen Magnetismus so hoch verdienten Gelehrten dient sehr zur Unterstützung der Hypothese, wonach der tellurische Magnetismus überhaupt als das Resultat desjenigen elektrischen Stromes abgeleitet wird, welchen der tägliche Umlauf der Sonne und die Erwärmung durch ihre Strahlen auf unserer Erde erzeugen soll, wonach also der tellurische Magnetismus nichts anderes als Thermomagnetismus wäre.

Nachtrag zur specifischen Wärmecapacität.

Ueber die specifische Wärme der Körper ist oben im 4ten Abschnitt der Abtheilung E. das Erforderliche mitgetheilt worden, und ich habe mich bemüht, den Hauptinhalt der darüber bekannt gewordenen Untersuchungen zusammenzustellen. Zu den wichtigsten derselben gehören diejenigen, wodurch VICTOR REGNAULT diesen Zweig bedeutend erweitert hat und von denen daher (oben §. 427 fgg.) ausführlich gehandelt wurde. Ebenderselbe hat seitdem eine zweite, ebenso reichhaltige und wichtige Abhandlung bekannt gemacht[3], welche die von ihm gefun-

1 Annals of Philos. New Ser. T. IV. p. 318.

2 Magaz. for Naturvitenskaberne. T. II. p. 108.

3 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. I. p. 129. Das Mspt. war bereits zum Druck abgesandt, als mir diese Abhandlung bekannt wurde, deren Inhalt aber zu wichtig ist und mit dem der früheren in

lenen Bestimmungen der specifischen Wärmecapacitäten zusam-
nengesetzter Körper enthält. Das früher gewählte Verfahren
er Mischungen brachte er auch hierbei in Anwendung, doch
st in Beziehung auf die untersuchten Körper Folgendes zu be-
ücksichtigen. Einige derselben hat man blofs in Pulverform,
nd diese ist für die Versuche sehr unbequem. Wird das Pulver
nit Wasser zu einem Teige gemacht und dieser calcinirt, so
rhält man zuweilen Stücke, die unmittelbar in die kleinen
Körbchen gelegt werden können, allein sie ziehn dann leicht
Feuchtigkeit an und entbinden nach Pouillet's Versuchen
§. 118) Wärme, wodurch die Resultate fehlerhaft werden. Die
Menge der auf diese Weise freiwerdenden Wärme für jede ein-
elne Substanz zu bestimmen würde grofse Schwierigkeiten ge-
abt haben, Regnault ermittelte aber, dafs der Einflufs, wel-
hen diese auf die specifische Wärme haben konnte, 0,034 der
etzteren nicht überstieg, und er nahm daher bei den Bestim-
nungen hierauf gehörige Rücksicht. Allerdings könnte man
liese Substanzen in hermetisch verschlossene Gefäfse mit sehr
dünnen Wandungen einschliefsen, allein da diese dann sehr
angsam erkalten, so würde man dadurch noch gröfsere Fehler
erbeiführen. Man könnte auch die Substanzen mit einer hin-
änglichen, gemessenen Quantität Wasser benetzen und diese in
Rechnung nehmen; allein dann würde die specifische Wärme
er Pulver nur ein Bruchtheil derjenigen des sie benetzenden
Wassers seyn und dadurch noch mehr Ungewifsheit herbeige-
führt werden. Die Salze ziehn zu leicht Feuchtigkeit aus der
Atmosphäre an, als dafs sie selbst in Gestalt zusammengeballter
Brocken zu diesen Versuchen geeignet seyn sollten; es war da-
er vorzuziehn, sie in einem Platintiegel zu einer einzigen
Paste zusammenzuschmelzen und dann die noch heifse Ober-
äche mit einer sehr dünnen Schicht Oel zu überziehn, deren
Gewicht verschwindend klein ist, die aber dennoch genügt, die
Feuchtigkeit eine kurze Zeit abzuhalten, um das Gewicht zu
estimmen. Allerdings erfolgt dann die Abkühlung der gröfse-
en Masse etwas langsamer, allein der hieraus hervorgehende
Einflufs ist nicht sehr bedeutend. Für einige sehr zerfliefsliche
Salze, z. B. chlorsaures Zink, genügt dieses Mittel nicht; man

---

u genauem Zusammenhange steht, als dafs er in diesem Werke feh-
en dürfte, weswegen ich ihn hier nachträglich hinzufüge.

Digitized by Google

mufs sie daher schmelzen und in eine am einen Ende verschlossene Glasröhre gieſsen.

Regnault machte sich vorläufig mit den Untersuchungen anderer Gelehrten über diese nämliche Aufgabe bekannt. Dahin gehören vorzüglich die oben (§. 441 fgg.) mitgetheilten von Avogadro, wobei er jedoch auf eine nähere Prüfung der aus ihnen vermeintlich hervorgehenden allgemeinen Gesetze nicht eingeht, und die gehaltreichen, oben (§. 433) gleichfalls ausführlich erörterten, von Neumann. In Beziehung auf diese letzteren bemerkt er, dafs die untersuchten Körper solche zusammengesetzte sind, wie sie in der Natur vorkommen, wovon der gröfste Theil wegen ihrer complexen Zusammensetzung und bei der statt findenden Ungewifsheit hierüber zur Auffindung allgemeiner Gesetze nicht geeignet scheint. Ob aber der Einwurf gegen die durch Neumann gefundenen Gesetze, dafs die Zahl der Versuche zu ihrer Begründung zu gering sey, mehrere derselben Resultate liefern, die sich zu weit von den berechneten entfernen oder sich auf Zusammensetzungen beziehn, deren chemisches Mischungsverhältnifs nicht scharf genug bestimmt sey, und dafs endlich sehr von einander abweichende Bestimmungen gefunden, von diesen aber die gerade für die Hypothese passenden gewählt seyen, als genügend begründet gelten könne, darüber wage ich nicht zu entscheiden; die bekannte Sorgfalt und Zuverlässigkeit des Experimentators sichert auf jeden Fall gegen den Verdacht eines Mangels an Genauigkeit. Ueber die neuesten Arbeiten von Marcet und de la Rive bemerkt Regnault blofs, dafs sie noch fortgesetzt werden. In Beziehung auf seine eigene vorliegende Abhandlung bemerkt er, man werde sich aus den erhaltenen Resultaten bald überzeugen, dafs die hier untersuchten festen und flüssigen Körper sich nicht auf eine sichere Weise zur Bestimmung der Verhältnisse eignen, welche zwischen der specifischen Wärme dieser Zusammensetzungen und der ihrer Elemente statt finden. Hierüber beabsichtigt er demnächst eigene Untersuchungen anzustellen, wenn er die Bestimmungen der specifischen Wärme gasförmiger Körper beendigt haben wird.

Die untersuchten Körper bilden fünf Gruppen, deren erste Verbindungen der Metalle begreift. Hierzu gehören zuerst die *Alliagen*. Vor allem wurde dafür gesorgt, reine Metalle zu

n, sie in Pulverform, wenn dieses nöthig schien, zu men-
einem Tiegel zu schmelzen, dann stark umzurühren und
Ausschütten auf einen kalten Körper schnell erstarren
chen. Die Verbindung war allgemein nach dem einfa-
Atomverhältnisse. Es verdienen zugleich zwei Classen
lliagen unterschieden zu werden, zuerst diejenigen, deren
lzpunct beträchtlich über dem Siedepuncte des Wassers
und solche, die schon bei 100° C. oder sogar noch unter
Temperatur schmelzen, auf jeden Fall bei dieser Wärme
werden. Diesen Unterschied zu beachten ist deswegen
g, weil die Körper bei den Versuchen bis 100° C. erwärmt
n und also ihr Schmelzen oder Weichwerden auf ihre
ecapacität einen Einfluſs haben kann. Zu dieser Gruppe
n dann zweitens auch die *Amalgame*, wovon das Näm-
gilt.

Die zweite Gruppe bildeten die *Oxyde*. Hierhin gehören
otoxyd, wozu reines, in einem Platintiegel wenig ge-
lzenes, Mennig diente, und Silberglätte, bis zum Dunkel-
ühen erhitzt, die in Glasröhren eingeschlossen wurde.
ntersuchten Körper waren ferner: rothes Quecksilberoxyd,
em salpetersauren durch gehörige Hitze hergestellt; Man-
ydul (*Protoxide de Manganèse*), aus dem Hyperoxyd
starkes Glühn erhalten; schwarzes Kupferoxyd, durch
irung des salpetersauren Kupfers in kleinen, hinlänglich
n Brocken gewonnen; Nickeloxydul, auf gleiche Weise
et, welches aber beim Aufsaugen des Wassers einige
ne entwickelte, so daſs die gefundene Wärmecapacität
etwas zu groſs sein kann; Magniumoxyd und Zinkoxyd.
Versuch aber, die Wärmecapacität des Baryum-, Strontium-
Calcium-Oxyds zu bestimmen, mifslang, weil diese Sub-
en selbst durch das Aufsaugen des Terpentinspiritus Wärme
ickeln. Die genannten Oxyde gehören zu derjenigen Classe,
durch RO bezeichnet wird. Ueber diejenige Classe von
len, die durch R^2O^3 bezeichnet werden, ergeben die mit Kol-
r angestellten Versuche, daſs die Wärmecapacität des Ei-
xyds (*Peroxide de fer*) durch Calcination abnimmt und
zt derjenigen gleich kommt, welche der natürliche Eisen-
z zeigt. Die glasige arsenige Säure sog etwas Wasser auf,
n dieses hatte auf die Bestimmung der Wärmecapacität kei-
Einfluſs, denn der Versuch, mit Terpentinspiritus angestellt,

Digitized by Google

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atomgewicht	Product
Erste Gruppe. Metallische Verbindungen.				
1 At. Blei, 1 At. Zinn . .	0,04058 0,04087	0,04073	1014,9	41,34
1 At. Blei, 2 At. Zinn . .	0,04526 0,04487	0,04506	921,7	41,53
1 At. Blei, 1 At. Antimon	0,03877 0,03882	0,03880	1050,5	40,76
1 At. Wismuth, 1 At. Zinn	0,04024 0,03977	0,04000	1032,8	41,31
1 At. Wismuth, 2 At. Zinn	0,04500 0,04507	0,04504	933,7	42,05
1 At. Wismuth, 2 At. Zinn, 1 At. Antimon	0,04674 0,04567	0,04621	901,8	41,67
1 At. Wismuth, 2 At. Zinn, 1 At. Antimon, 2 At. Zink	0,05701 0,05612	0,05657	735,6	41,61
1 At. Blei, 2 At. Zinn, 1 At. Wismuth	0,04512 0,04439	0,04476	1023,9	45,83
1 At. Blei, 2 At. Zinn, 2 At. Wismuth	0,06077 0,06087	0,06082	1085,2	66,00
1 At. Quecksilber, 1 At. Zinn	0,07235 0,07353	0,07294	1000,5	72,97
1 At. Quecksilber, 2 At. Zinn	0,06591	0,06591	912,1	60,12
1 At. Quecksilber, 1 At. Blei	0,03824 0,03829	0,03827	1280,1	48,99
Zweite Gruppe. Oxyde.				
A. Oxyde RO.				
Bleioxyd, gepulvert . . .	0,05117 0,05119	0,05118	1394,5	71,34
geschmolzen . .	0,05096 0,05074 0,05097	0,05089	1394,5	70,94
Quecksilberoxyd	0,05149 0,05210	0,05179	1365,8	70,74
Manganoxydul	0,15635 0,15768	0,15701	445,9	70,01
Kupferoxyd	0,14201	0,14201	495,7	70,39
Nickeloxyd	0,16278 0,16190	0,16234	469,6	76,21
calcinirt . . .	0,15890 0,15880	0,15885	469,6	74,60
Magniumoxyd	0,24394	0,24394	258,4	63,03
Zinkoxyd	0,12378 0,12657 0,12301 0,12582	0,12480	503,2	62,77

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atom-gewicht	Pro-duct
B. Oxyde $R^2 O^3$.				
yd (*fer oligiste*) .	0,16658			
	0,16754	0,16695	978,4	163,35
	0,16672			
lkothar wenig calcin.)	0,17569	0,17569	978,4	171,90
. . mehr calc.)	0,17167	0,17167	978,4	168,00
. . stark calc.)	0,16921	0,16814	978,4	164,44
	0,16707			
: Säure	0,13072			
	0,12624	0,12786	1240,1	158,56
	0,12663			
	0,12696			
cyd	0,18083			
	0,17809	0,17960	1003,6	180,01
	0,17990			
hoxyd	0,06163			
	0,06065	0,06053	2960,7	179,22
	0,06042			
ioxyd	0,09111			
	0,08983	0,09009	1912,9	172,34
	0,08932			
n (Demanthspath) .	0,19762	0,19762	642,4	126,87
(Sapphir) . . .	0,21863			
	0,21895	0,21732	642,4	139,61
	0,21440			
C. Oxyde RO^2.				
re	0,09382			
	0,09328	0,09326	935,3	87,23
	0,09268			
ire (künstlich) . .	0,17227	0,17164	503,7	86,45
	0,17101			
(Rutil) . . .	0,17028	0,17032	503,7	85,79
	0,17036			
nige Säure	0,09579			
	0,09431	0,09535	1006,5	95,92
	0,09596			
D. Oxyde RO^3.				
iure	0,07963	0,07983	1483,2	118,38
	0,08003			
ansäure	0,13705	0,13240	898,5	118,96
	0,12775			
iure	0,19196			
	0,19045	0,19132	577,5	110,48
	0,19163			

Digitized by Google

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atomgewicht	Product
Boraxsäure	0,23872 0,23615	0,23743	436,0	103,52
E. Complexe Oxyde.				
Magneteisen	0,16686 0,16872	0,16780	1417,6	237,87
Dritte Gruppe. Sulfüren.				
A. Sulfüren RS.				
Magnetkies	0,13532 0,13674 0,13570 0,13504	0,13570	540,4	73,33
Schwefelnickel	0,12804 0,12820 0,12814	0,12813	570,8	73,15
Schwefelkobalt	0,12581 0,12443	0,12512	570,0	71,34
Schwefelzink	0,12305 0,12300	0,12303	604,4	74,35
Schwefelblei	0,05086 0,05107 0,05065	0,05086	1495,6	76,06
Schwefelquecksilber . . .	0,05137 0,05149 0,05067 0,05116	0,05117	1467,0	75,05
Einfach Schwefelzinn . .	0,08408 0,08322	0,08365	936,5	78,34
B. Sulfüren R^2S^3.				
Schwefelantimon	0,08462 0,08344	0,08403	2216,4	186,31
Schwefelwismuth	0,06038 0,05965	0,06002	3264,2	195,90
C. Sulfüren RS^2.				
Schwefelkies (doppelt Schwefeleisen)	0,12927 0,13079 0,12969 0,13061	0,13009	741,6	96,47
Doppelt Schwefelzinn . .	0,11788 0,12076	0,11932	1137,7	135,75
Schwefelmolybdän . . .	0,12337 0,12172 0,12493	0,12334	1001,0	123,46

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atom-gewicht	Pro-duct
D. Sulfüren $R^2 S$.				
kupfer	0,12165 0,12121 0,12068	0,12118	992,0	120,2
silber	0,07467 0,07411 0,07533 0,07419	0,07460	1553,0	115,86
E. Complexe Sulfüren.				
es	0,16095 0,15948	0,16023	. . .	. . .
rte Gruppe. Chlorüren, Bromüren, Iodüren, Fluorüren.				
A. Chlorverbindungen $R^2 Cl^2$.				
ium	0,21362 0,21440	0,21401	733,5	156,97
um	0,17448 0,17142	0,17295	932,5	161,19
or–Quecksilber . .	0,05213 0,05196	0,05205	2974,2	154,80
Chlor–Kupfer . . .	0,13929 0,13725	0,13827	1234,0	156,83
er	0,09084 0,09157 0,09086	0,09109	1794,2	163,42
B. Chlorverbindungen RCl^2.				
rum	0,08891 0,09023	0,08957	1299,5	116,44
ntium	0,11972 0,12008	0,11990	989,9	118,70
ium	0,16453 0,16385	0,16420	698,6	114,72
rnium	0,19460	0,19460	601,0	118,54
. . . . .	0,06623 0,06643 0,06656	0,06641	1737,1	115,35
Chlorquecksilber .	0,06957 0,06821	0,06889	1708,4	117,68
. . . . .	0,13618	0,13618	845,8	115,21
Chlorzinn . . .	0,10192 0,10131	0,10161	1177,9	119,59
ngan	0,14335 0,14175	0,14255	788,5	112,51

Digitized by Google

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atomgewicht
C. Flüchtige Chloride RCl^4.			
Doppelt-Chlorzinn	0,14705	0,14759	1620.5
	0,14813		
Doppelt-Chlor-Titan	0,18675		
	0,19028	0,19145	1183.9
	0,18732		
D. Flüchtige Chloride R^2Cl^6.			
Dreifach-Chlor-Arsenik	0,17478		
	0,17603	0,17604	2267.8
	0,17730		
Dreifach-Chlor-Phosphor	0,21114	0,20922	1721.1
	0,20730		
A. Bromüren R^2Br^2.			
Bromkalium	0,11347	0,11322	1482
	0,11297		
Bromsilber	0,07278		
	0,07422	0,07391	2330
	0,07473		
Bromnatrium	0,13872	0,13842	1288
	0,13812		
B. Bromüren RBr^2.			
Bromblei	0,05393		
	0,05357	0,05326	2272.5
	0,05243		
	0,05313		
A. Iodüren R^2I^2.			
Iodkalium	0,08199		
	0,08114	0,08191	2068.2
	0,08203		
	0,08248		
Iodnatrium	0,08701	0,08684	1869.2
	0,08667		
Halb-Iod-Quecksilber	0,03967	0,03949	4109.3
	0,03930		
Iodsilber	0,06147		
	0,06158	0,06159	2929.9
	0,06173		
Halb-Iodkupfer	0,06580	0,06869	2368.7
	0,07159		
B. Iodüren RI^2.			
Iodblei	0,04269		
	0,04274	0,04267	2872.5
	0,04258		
Iodquecksilber	0,04115		
	0,04176	0,04197	2844.1
	0,04301		

Digitized by Google

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atomgewicht	Product
Fluorüren RFl^2.				
lcium	0,21458			
	0,21456	0,21492	489,8	105,31
	0,21562			
calcinirt	0,21686			
Fünfte Gruppe. Salze.				
A. Salpetersaure $Az^2O^5 + R^2O$.				
rs. Kali	0,23746			
	0,24004	0,23875	1266,9	302,49
rs. Natron	0,27856			
	0,27786	0,27821	1067,9	297,13
rs. Silber	0,14352	0,14352	2128,6	305,55
Salpetersaure $Az^2O^5 + R^2O$.				
rs. Baryt	0,15212			
	0,15244	0,15228	1633,9	248,83
B. Chlorsaure Salze $Cl^2O^5 + R^2O$.				
aures Kali	0,20990			
	0,20922	0,20956	1532,4	321,04
Phosphorsaure Salze $P^2O^5 + 2R^2O$ (*Pyrophosphates*).				
hors. Kali	0,19179			
	0,19025	0,19102	2072,1	395,79
hors. Natron	0,22868			
	0,22798	0,22833	1674,1	382,22
Phosphorsaure Salze $P^2O^5 + 2RO$.				
hors. Bleioxyd	0,08150			
	0,08265	0,08208	3681,3	302,14
Metaphosphorsaure Salze $P^2O^5 + RO$.				
hosphors. Kalk	0,19822			
	0,20025	0,19923	1248,3	248,64
Phosphorsaure Salze $P^2O^5 + 3RO$.				
thalb-phosphors. Bleioxyd	0,07951			
	0,08013	0,07982	4985,8	397,96
D. Arseniksaure Salze $Ar^2O^5 + R^2O$.				
iksaures Kali	0,15696			
	0,15357	0,15631	...	...
	0,15840			
Arseniksaure Salze $Ar^2O^5 + 3PbO$.				
niksaures Blei	0,07231			
	0,07329	0,07280	5623,5	409,37
E. Schwefelsaure Salze $SO^3 + R^2O$.				
vefels. Kali	0,19034			
	0,18987	0,19010	1091,1	207,40
vefels. Natron	0,23143			
	0,23087	0,23115	892,1	206,21

Digitized by Google

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atomgewicht	Product
Schwefelsaure Salze $SO^3 + RO$.				
Schwefels. Baryt	0,11293 0,11276	0,11285	1458,1	164,54
Schwefels. Strontian	0,14331 0,14227	0,14279	1148,5	164,01
Schwefels. Blei	0,08734 0,08711	0,08723	1895,7	165,39
Schwefels. Kalk	0,19656	0,19656	857,2	168,49
Schwefels. Magnesia	0,22159	0,22159	759,5	168,30
F. Chromsaure Salze.				
Chromsaures Kali	0,18493 0,18517	0,18505	1241,7	229,83
Doppelt-chroms. Kali	0,18899 0,18975	0,18937	1893,5	358,65
G. Boraxsaure Salze $B^2O^6 + R^2O$.				
Boraxsaures Kali	0,21932 0,22018	0,21975	1461,9	321,17
Boraxsaures Natron	0,23758 0,23888	0,23823	1262,9	300,85
Desgleichen $B^2O^6 + RO$.				
Boraxsaures Blei	0,11441 0,11377	0,11409	2266,5	258,60
Desgleichen $B^2O^6 + 2R^2O$.				
Boraxsaures Kali	0,20551 0,20405	0,20478	1025,9	219,52
Boraxsaures Natron	0,25683 0,25734	0,25709	826,9	212,60
Desgleichen $BO^6 + 2RO$.				
Boraxsaures Blei	0,09004 0,09088	0,09046	1830,5	165,54
H. Scheelsaure Salze.				
Wolfram	0,09738 0,09823	0,09780	...	...
I. Silicate.				
Zirkon	0,14561 0,14555	0,14558	...	...
K. Kohlensaure Salze $CO^2 + R^2O$.				
Kohlensaures Kali	0,21563 0,21683	0,21623	865,0	187,04
Kohlensaures Natron	0,27261 0,27289	0,27275	666,0	181,65

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atom-gewicht	Pro-duct
Desgleichen $CO^2 + RO$.				
Doppelspath . . .	0,20737			
	0,21078			
	0,20750			
	0,20865	0,20858	631,0	131,61
	0,20942			
	0,20829			
	0,20793			
mit	0,20934			
	0,21020			
	0,20806	0,20850	631,0	131,56
	0,20769			
	0,20720			
er sal. Marmor . . .	0,21656			
	0,21465			
	0,21571	0,21585	631,0	136,20
	0,21710			
	0,21522			
r sal. Marmor . . .	0,21016	0,20989	631,0	132,45
	0,20963			
e Kreide	0,21401	0,21485	631,0	135,57
	0,21569			
ns. Baryt	0,11008	0,11038	1231,9	135,99
	0,11068			
ns. Strontian . . .	0,14539	0,14483	922,3	133,58
	0,14428			
ns. Eisen	0,19386	0,19345	714,2	138,16
	0,19303			
ns. Blei	0,08596	0,08596	1669,5	143,55
nit	0,21661	0,21743	582,2	126,59
	0,21824			

eiden letzten Substanzen waren etwas unrein.

Regnault läfst auf die Erzählung seiner Versuche noch Betrachtungen folgen, die für die Theorie von Wich- sind und hier nicht übergangen werden dürfen. Zuerst sich bei Körpern von ähnlicher chemischer Zusammen- g sehr übereinstimmende Producte ihrer Atomgewichte in ecifischen Wärmen, wie sich durch den blofsen Anblick abellarischen Zusammenstellung von selbst herausstellt. hten wir zuerst in der ersten Abtheilung die Metallver- ngen, so zeigen diejenigen, deren Schmelzpunct hoch über Siedepuncte des Wassers liegt, die nämlichen Producte specifischen Wärme in das Atomgewicht, als die Metalle

Digitized by Google

selbst; liegt aber ihr Schmelzpunct niedriger, so wächst um so mehr dieses Product, als sie bei geringerer Wärme schmelzen oder mindestens weich werden. In der zweiten Abtheilung weicht unter den Oxyden mit einem Atome Sauerstoff blofs das Nickeloxyd von den übrigen ab, weil es wegen seiner Lockerheit Wasser einsog, eine Eigenschaft, die es durch stärkeres Calciniren schon zum Theil verlor. Gilt dieses als Grund der Abweichung, so sind bei diesen Oxyden *die specifischen Wärmecapacitäten ihren Atomgewichten umgekehrt proportional*, ein Gesetz, welches sich bei allen gleichartigen Verbindungen zeigt. Eine Ausnahme hiervon machen die Bittererde und das Zinkoxyd, welche beide einen vollständigen Isomorphismus zeigen und diese Analogie auch hier beibehalten. Die unter der Reihe B vereinten Oxyde zeigen weniger Uebereinstimmung; wenn man aber berücksichtigt, dafs das Chromoxyd wegen seiner Lockerheit Wasser einsog, wodurch seine specifische Wärme zu grofs wurde, und wenn man den Demantspath und Saphir ausschliefst, so fallen die gröfsten Abweichungen weg. Auch bei den unter C und D vereinten Oxyden zeigt sich im Ganzen dieses Gesetz, mindestens läfst sich nicht verkennen, dafs diejenigen Oxyde, welche zu einer und derselben chemischen Formel gehören, sich unter dieses Gesetz bringen lassen, die hervortretenden Abweichungen aber hält Regnault vorzüglich für Folgen des ungleichen Aggregatzustandes; denn dafs auch dieser einen Einfluss auf die specifische Wärme habe, geht unverkennbar aus der Veränderung derselben hervor, die durch ihre Calcination hervorgerufen wird. Unter den zur dritten Gruppe vereinten Schwefelverbindungen zeigen die unter A genannten das Gesetz sehr augenfällig, von den übrigen kann man weiter nichts sagen, als dafs ähnliche Verbindungen auch mehr oder minder ein gleiches Verhalten ihrer specifischen Wärmecapacitäten zeigen. Ebendieses findet nach Regnault auch bei den Verbindungen der vierten Gruppe statt, vorausgesetzt, dafs die Gründe, die ihn veranlafsten, die genannten Substanzen zu vereinigen, als genügend erscheinen. Vergleicht man die Resultate der fünften Gruppe unter einander, so führt auch dieses zu einem ähnlichen Resultate, welches auf folgende Weise ausgedrückt werden kann: *Bei zusammengesetzten Körpern, welche das nämliche elektronegative Element enthalten und gleiche Mengen der Atome in sich vereinigen, stehn die spe-*

n Wärmecapacitäten im umgekehrten Verhältnifs der wichte. Allerdings ist dieses Gesetz nicht absolut scharf mmt nicht vollständig mit der Erfahrung überein, allein weichung beträgt nur etwa $\frac{1}{10}$ oder höchstens $\frac{1}{9}$. Es sich endlich auch diejenigen Verbindungen unter einander chen, welche verschiedene elektronegative Elemente ent- und es zeigt sich dann bei diesen gleichfalls eine ge- Uebereinstimmung, die zu folgendem Gesetze führt: *Bei tusammengesetzten Körpern, in denen gleiche Atom- r vereinigt und welche von einer ähnlichen chemischen mensetzung sind, stehn die specifischen Wärmecapaci- im umgekehrten Verhältnisse der Atomgewichte.* Das vielfach ventilirte *Dulong'sche Gesetz* kann als ein dem genannten allgemeinen speciell zugehöriges betrachtet wer- die Erfahrung bestätigt dasselbe innerhalb der nämlichen en, worin dieses allgemeine als begründet erscheint. Die sche Wärme der Körper kann betrachtet werden als zu- engesetzt aus der specifischen Wärme an sich und derje- latenten, welche durch das Volumen derselben bedingt , wobei aber die eigentliche specifische Wärme einen so viegenden Theil ausmacht, dafs ihre Wirkung nicht ganz rgen bleiben kann. Bei den Versuchen tritt aufserdem der and hindernd ein, dafs die specifischen Wärmen alle zwi- den nämlichen Thermometergraden bestimmt werden, statt man die für jeden Körper am meisten geeigneten Tempe- n wählen müfste, z. B. diejenigen, bei denen diese Kör- lie gröfste Analogie ihrer chemischen und physikalischen ıschaften darbieten und den vollständigsten Isomorphismus n. Vorzüglich ist auch die leichtere Schmelzbarkeit der Körper die Art ihrer Aggregatform von sehr bedeutendem Einfluſs. Es ist oben (§. 437) ausführlich von den so sehr abwei- den Resultaten gehandelt worden, welche die Versuche zur mmung der specifischen Wärme des *Kohlenstoffs* gegeben , und namentlich von den Bemühungen, welche DE LA und MARCET darauf verwandten, diese Gröfse mit mög- ter Schärfe zu ermitteln. REGNAULT unterwarf dieses lem einer abermaligen genauen Untersuchung, und be- nte die specifische Wärme folgender Substanzen.

1) Holzkohle, vorläufig mit Säure behandelt und dann calcinirt.

Digitized by Google

viel, wodurch dann die engen Zwischenräume zwischen den
einander gestülpten Campanen leicht erhalten werden. A
diesen wesentlichen Theilen gehören zum Apparate noch
pen, Deckel, eine auf der kleineren Grundfläche des
liegende Halbkugel, ein aus Planspiegeln zusammenge
Büffon'scher Hohlspiegel u. s. w. In der Richtung von
nach Süd geht durch das ganze System der Campanen eine
Gallerie, die bis an die massive Halbkugel reicht, und mög
viele Oeffnungen hat, um diejenigen Körper hinzulegen,
welche die erzeugte Wärme einwirken soll.

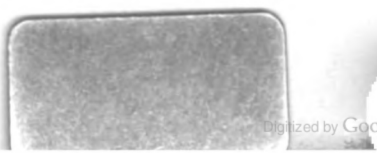
Dem hellen Sonnenschein eines Frühlingstages ausge
soll dieser Apparat eine solche Menge Wärme sammeln,
dadurch ein Kessel voll Eis von mehr als einer Toise im D
messer geschmolzen werde, ein Resultat, welches gewiß
aus einer scharfen Berechnung hervorgegangen ist. Er soll
ner nicht blofs dazu dienen, die Wärme der Sonnenstrahl
sammeln, sondern auch die eines hellen Küchenfeuers, und
durch eine Ersparung von Brennmaterial erzielt werden.
dieses zu erreichen, giebt du Carla noch verschiedene M
fictionen seines Apparates an, die im Allgemeinen darauf
auskommen, dafs man die strahlende Wärme auf ein S
von abwechselnd dünnen und dichten Körpern fallen läfst.

Die kaum verständliche Theorie dieser Erscheinungen
ruht hauptsächlich auf dem Satze, dafs sich die Wärme
Flächen, wo sich zwei verschiedene Körper berühren, im V
hältnifs der Dichten dieser Körper mittheilen soll. Da aber
Glas ungefähr 2000mal dichter ist, als die Luft, so läfst
annehmen, dafs bei gleicher Temperatur das Glas in gleich
Raume eine 2000mal gröfsere Wärmemenge, als die Luft
halte. Wenn sich also Wärme an einer Fläche mittheilt,
Glas und Luft sich berühren, so theilt das Glas der Luft
Grade mit, indem es nur einen einzigen verliert, die Luft
gegen theilt dem Glase nur $\frac{1}{2000}$stel Grad mit, indem sie
Grad verliert. Hiernach nimmt der Apparat so viele W
an, als wenn er ganz aus Glas bestände, weil seine ganze
aus 2000 Theilen Glas und nur einem Theil Luft besteht
liert aber nur so viel, als wenn er ganz aus Luft bestä

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google


Digitized by Google